Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 89/90 (1927)
Heft: 19

Artikel: Das Tensometer von Huggenberger
Autor: Zindel, Georges
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-41803

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: 14.12.2025

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

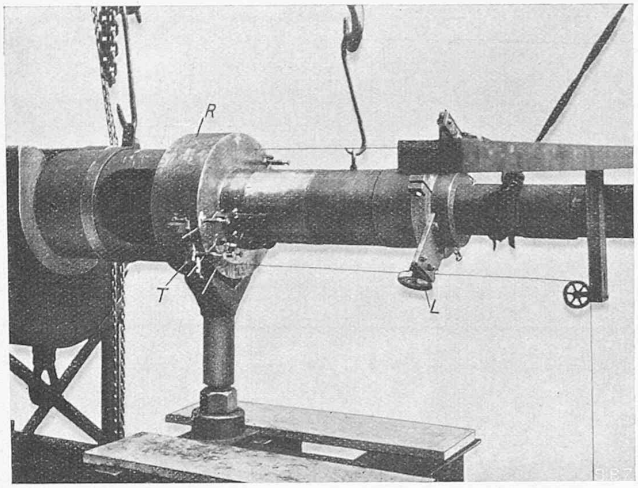

Abb. 3. Versuchseinrichtung zum Einpressen der Welle in den Ring.

Das Tensometer von Huggenberger.

Auf Seite 287 letzten Bandes (21. Mai 1927) erwähnten wir in einem kurzen Bericht über die Untersuchungen von Dr. A. Huggenberger über die Festigkeit der Pressitzverbindung mit zylindrischer Sitzfläche auch das von ihm gebaute Tensometer, wobei wir nähere Mitteilungen über dieses Instrument in Aussicht stellten. Das Tensometer, dessen Ausführungsform in Abbildung 1 schematisch dargestellt ist, hat den Dehnungsmesser von Okhuizen bezw. Mesnager zum Vorbild. Die feststehende Schneide a und die um die Schneidenaxe g drehbare Schneide b grenzen die Messlänge l ab, die normal 20 mm beträgt, aber mittels geeigneter Ersatzstücke verkürzt oder verlängert werden kann. Die Längenänderung wird mittels des Uebertragungshebels h und des Schneidengelenks i auf den Hebel k und den mit ihm verbundenen Zeiger n übertragen, und kann auf der Skala s in rund 1200-facher Vergrösserung abgelesen werden. Da der ganze Uebersetzungsmechanismus nur Schneidenlager aufweist, ist jede, die Präzision beeinträchtigende Reibung, sowie jeder tote Gang vermieden. Die besonders geartete Befestigung des Zeigers n gestattet, diesen auf jeden gewünschten Punkt der Skala als Ausgangspunkt einzustellen. Zur Erhöhung der Genauigkeit der Ablesung ist über der Skala ein Spiegel angebracht. Das Gewicht des Instruments beträgt, je nach Ausführung, bei 165 oder 145 mm Höhe, 70 oder 65 g.

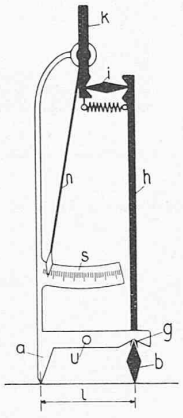

Abb. 1.

Die Anwendung des Tensometers bei den erwähnten Untersuchungen, zur Messung der Dehnung in tangentialer Richtung bei einem Nabenring, ist aus Abbildung 2 ersichtlich. Für die drei äussern Ringzonen wurden normale Instrumente verwendet, für die beiden der Bohrung zunächst gelegenen Zonen dagegen zwei Feinmessinstrumente besonderer Konstruktion, die ein Heranrücken bis zu 9 mm an die Bohrung gestatteten. Mittels einer durch die Oeffnung u (Abb. 1) gesteckten Nadel und einer Stellschraube waren die zwei Schneiden an die Stirnfläche des Ringes angedrückt; dabei diente als innerer Stützpunkt der Nadel der Apparat selber, als äusserer Stützpunkt bei den innern Apparaten ein auf die Stirnfläche gestelltes Holzklötzchen oder, bei den äussern, ein an die äussere Zylinderfläche des Ringes durch elektrische Schweissung leicht angehefteter Winkel. Durch diese radiale Befestigung war die Stellung des Instruments durch das Ausweiten bezw. Schrumpfen des Ringes nicht beeinflusst. Auf die gesamte Versuchseinrichtung, die aus Abb. 3 zu erkennen ist, kann hier nicht näher eingegangen werden. Sie ist in dem in unserer ersten Mitteilung erwähnten Sonderheft der „Technischen Blätter" der Schweizer. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur eingehend beschrieben. In Abb. 3 sind L Griot'sche Messuhren, die zum Messen des Einpresswegs dienten.

In ähnlicher Weise sind die Tensometer an dem in Abb. 4 gezeigten Dampfkessel befestigt. Besonders bequem ist ihre Befestigung mittels kleiner Elektromagnete. Das Huggenberger Tensometer wird überall da gute Dienste leisten, wo es sich darum handelt, die Spannungen möglichst genau zu bestimmen, und wo die Messung mit dem Grade von Sorgfalt durchgeführt werden kann, der mit der Anwendung eines hochempfindlichen Messinstruments im Einklang steht. Seine einfache und bequeme Form erleichtern sein Anlegen und seine Handhabung, sodass auch grössere Versuchserien mühelos und mit geringem Zeitaufwand durchgeführt werden können. Sowohl für die Messung von Spannungen an ausgeführten Bauten[1]) als auch im Laboratorium[2]) hat es sich ausgezeichnet bewährt; Prof. Roš bezeichnet es in der genannten Schrift als das Vollkommenste auf dem Gebiet der praktischen Feinmessungen. G. Z.

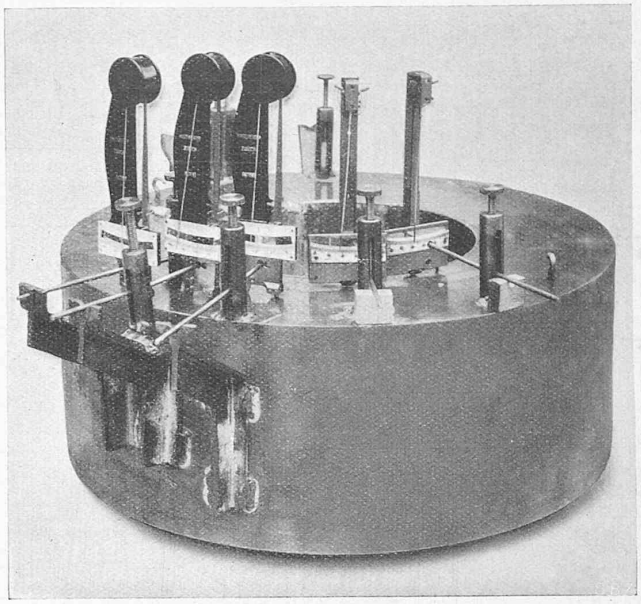

Abb. 2. Befestigung der Tensometer zur Messung der Ringdehnungen.

Theorie und Praxis der elektrischen Lichtbogen-Schweissung.

Aus dem Diskussionsbericht Nr. 6 der Eidgen. Materialprüfungsanstalt.

Die rasche Zunahme der Anwendung elektrischer Lichtbogen-Schweissung in der Metallindustrie und ihre Einführung auch im Eisenbau, gibt uns Veranlassung zu den nachfolgenden Mitteilungen, die dem Berichte von Dipl. Ing. A. Sonderegger am 6. Diskussionstage der E. M. P. A., unter teilweiser Berücksichtigung der in der darauffolgenden Diskussion gefallenen Aeusserungen entnommen sind.

Die Lichtbogenschweissung kann auf drei verschiedene Arten geschehen: Anschluss des Schweisstückes an den positiven Pol und der Kohlenelektrode an den negativen Pol (System Bernardos); Anschluss beider Pole an Kohlenstäbe mit Ablenkung des Lichtbogens auf das Werkstück mittels Magneten (System Zerener); Benützung einer, das Schmelzgut bildenden Draht-Elektrode (System Slavianoff). Dieses letzte System bildet zufolge seiner Vorzüge die Grundlage der in der Metallindustrie heute angewendeten elektrischen Lichtbogenschweissung. Der Vorgang vollzieht sich in der Weise, dass das Eisen, dessen Siedepunkt nach Richards bei 2698° C abs. liegt, bei dieser Temperatur an der Elektrode aus dem flüssigen Zustand in Dampfform übergeführt und vom Strom mitgerissen wird. Der Uebergang geschieht stets von der Elektrode zum Arbeitstück, also von der kleinern zur grössern Masse, und nicht vom positiven zum negativen Pol. Diese Tatsache, für die eine wissenschaftliche Erklärung heute noch fehlt, wird auch nicht geändert durch eine Umwechslung der Pole. Die Stromstärke für den Lichtbogen muss

[1]) Z. B. bei den in Nr. 14 laufenden Bandes (1. Oktober 1927) beschriebenen Versuchen an Eisenbetonbrücken.

[2]) Vergl. „Versuche zur Klärung der Frage der Bruchgefahr", von Prof. Dr. Ing. h. c. M. Ros, Direktor der Eidgen. Materialprüfungsanstalt und Dipl. Ing. A. Eichinger, wissenschaftlicher Mitarbeiter dieser Anstalt, sowie „Ueber die Festigkeit der gewölbten Böden und der Zylinderschale", von Obering. E. Höhn und Dr. sc. techn. A. Huggenberger. Beide Broschüren, auf die wir zurückkommen werden, sind auf Seite 254 dieser Nummer aufgeführt.

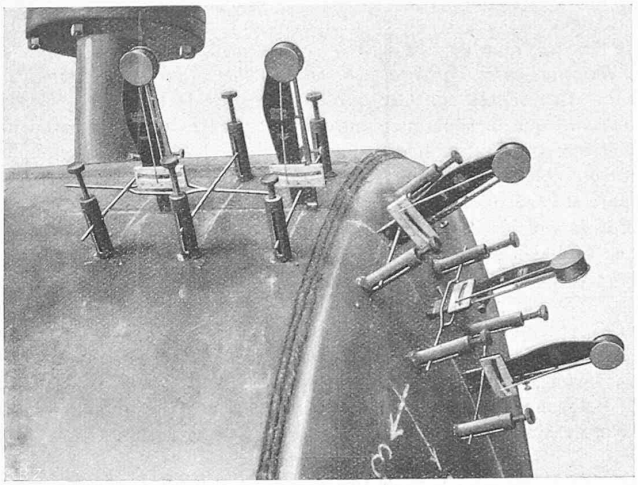

Abb. 4. Befestigung der Huggenberger-Tensometer an einem Dampfkessel.

so gross sein, dass das Elektrodenmaterial zum Teil in Tropfen sich verflüssigt, zum Teil vergast, weil sich in diesem Falle eine innige Vereinigung mit dem Werkstück in der Schweisszone ergibt. Bei weiterer Steigerung der Stromstärke erhöht sich die Verdampfung des Elektrodenmaterials; ein Niederschlag auf dem Werkstück findet aber nicht statt, sondern es wird im Gegenteil Material von diesem selbst verdampft und weggeschwemmt. Eine Schweissung kann daher unter diesen Umständen nicht mehr erfolgen, hingegen gibt der Vorgang die Möglichkeit des elektrischen Schneidens von Metallen. Ist die Stromstärke zu gering, so wird das Elektrodeneisen wohl verflüssigt, doch lagert es sich wegen der grossen Abkühlung nur in Tropfen auf dem Werkstück ab, ohne sich mit ihm zu verbinden. Aus dem Gesagten ergibt sich die Wichtigkeit entsprechender Vorrichtungen zur Aufrechterhaltung einer stetigen Stromstärke und deren Anpassung an Art und Stärke der verwendeten Elektroden und an die Art der Schweissarbeit.

Die zur Erzielung einer guten Schweissung bestgeeignete Stromstärke ist nicht proportional dem Elektroden-Querschnitt, da dieser mit dem Quadrat, die Elektrodenoberfläche aber nur mit der einfachen Potenz des Radius zunimmt. Bei grossem Elektroden-Durchmesser spielt daher die erhebliche Oberflächenabkühlung des Lichtbogens eine geringere Rolle, sodass auch die spezifische Stromdichte kleiner sein kann als bei dünnen Elektroden.

In seinem vorzüglichen Büchlein über die elektrische Lichtbogenschweissung gibt der französische Ingenieur Maurice Lebrun als Ergebnis seiner zahlreichen Untersuchungen die folgende empirische Formel für die richtige *Stromstärke:*

$$i = \left(K - \frac{D}{10}\right)(D^2 + 4D)$$

worin K ein Koeffizient ist, der der Natur der Elektroden Rechnung trägt. Für Flusseisen wird $K = 4{,}1$ angegeben. Nach dieser Formel ergeben sich die folgenden Werte:

Durchmesser der Elektroden in mm	Entsprechende Stromstärke in Amp.	Stromdichte Amp./mm²	Entsprechende Spannung in Volt
2	46	15,0	18
2,6	65	12,2	18,1
3,3	90	10,0	18,3
4	118	9,0	18,6
5	162	8,5	19,25
6	210	7,5	19,5
8	316	6,5	—

Diese Zahlen stimmen ziemlich gut mit den mit dem registrierenden Ampèremeter gemessenen Werten überein. Sie gelten für normale Verhältnisse, bei denen die Masse des geschweissten Objektes genügend ist, um das darauf geschleuderte Metall zu kondensieren. Bei dünnen Blechen und dicken Elektroden verändern sich die Verhältnisse.

Die Tabelle zeigt auch die Abnahme der nötigen *Stromdichte* mit zunehmender Elektrodenstärke.

Die *Spannungsdifferenz* zwischen den Polen eines Schweiss-Lichtbogens ist einerseits bestimmt durch dessen Länge, anderseits durch die Art des Metalles von Elektrode und Arbeitstück. Die im Lichtbogen enthaltenen Metallprojektile tragen nach Massgabe ihrer eigenen Leitfähigkeit zur Leitfähigkeit des Lichtbogens bei. Lebrun hat auch für die richtige Spannung eine empirische Formel aufgestellt, die sich nach seinen Messungen recht gut mit den tatsächlichen Ergebnissen deckt:

$$E = K' + l + \left(\frac{d}{10} \times \frac{i}{q}\right)$$

darin bedeutet: K' einen Koeffizienten dem Metall entsprechend, für Flusseisen $K' = 12$; l die Länge des Lichtbogens, für Flusseisen $l = 3$ mm; i/q die Stromdichte; d den Durchmesser der Elektrode. Daraus ergeben sich die in der letzten Spalte der vostehenden Tabelle ausgewiesenen Werte, die sich durchwegs auf nackte (also nicht umhüllte) Stäbe beziehen.

Das mit elektrischer Schweissung erreichte *Schweissgut* ist stets mehr oder weniger porös. Die bei autogener Schweissung aus gleichem Grunde mögliche Durchhämmerung im rotwarmen Zustande ist wegen rascher Erkaltung der Schweisstelle nicht möglich; die elektrische Methode ist daher für Dichtschweissungen im Nachteil. Auf die Festigkeit hat aber die Porosität merkwürdigerweise keinen Einfluss.

Die chemischen Eigenschaften der verwendeten Eisenelektroden und des Schweissgutes sind verschieden, indem in diesem Kohlenstoff, Mangan und Silizium fast ganz fehlen, während der Gehalt an Phosphor und Schwefel unverändert bleibt. Diese beiden ungünstig wirkenden Aggregate dürfen daher in den Elektrodenstählen nur in minimalen Mengen vorhanden sein. Unerwünschte Beimengungen des Schweissgutes sind auch Stickstoff und Sauerstoff, da nitriertes Eisen hart und spröde ist und der Sauerstoffgehalt eine der Hauptursachen der gefürchteten Rotbrüchigkeit ist. Dazu kommt noch ein bei Verwendung nakter Stäbe bis auf 5% steigender Gehalt an Eisenoxyden, wodurch die Festigkeit beeinträchtigt wird.

Diese Mängel der elektrischen Schweissung konnten erst behoben werden durch die von Ing. Kjellberg zuerst eingeführten *umhüllten Elektroden.* Je nach Art der dazu verwendeten Stoffe unterscheidet man dabei hitzbeständige und schmelzbare, mechanisch schützende und reduzierende Stoffe enthaltende Ummantelungen. Die Wirkung der Hülle besteht darin, dass die von der Elektrode abgeschleuderten Eisenteile und der Metalldampf durch die stehenbleibende Hülle im Entstehungsmoment vor der umgebenden Luft geschützt und zusammengehalten werden. Damit wird eine, im Interesse eines dünnflüssigen Schweissgutes gelegene Temperatur-Erhöhung an der Elektrode ermöglicht, was bei Gleichstrom durch Polumkehrung mit positivem Pol an der Elektrode erreicht wird. Durch die erhöhte Temperatur des Schweissgutes, bezw. durch die verlangsamte Erstarrung ist eine Ausscheidung von Oxyden, Gasblasen und sonstigen Verunreinigungen in die Oberflächenschlacke möglich. Bezügliche Untersuchungen zeigen, dass bei der Wärmesteigerung in praktisch möglichen Grenzen der Gehalt an Sauerstoff von 0,57 auf 0,275, der an Stickstoff von 0,16 auf 0,12 herabgesetzt werden kann. Mit guten umhüllten Stäben ausgeführte Schweissungen zeigen selbst in starken Vergrösserungen von geschliffenen Proben keine Oxydeinschlüsse, und die Zähigkeit solcher Schweissungen ist dem geschweissten Material ebenbürtig. Durch die feuerfeste Umhüllung wird nach Lebrun die erforderliche Stromstärke um etwa 5%, durch die schmelzbare um etwa 25% gegenüber der nackten Elektrode herabgesetzt; dagegen steigt die erforderliche Spannung am Lichtbogen bei der schmelzbaren Umhüllung bei 2 mm Elektroden von 18 auf 33 Volt, bei 6 mm Elektroden noch von 19,5 auf 27 Volt

Die *Prüfung der elektrischen Schweissungen* kann mit allen im Materialprüfungswesen üblichen mechanischen, metallographischen und chemischen Verfahren geschehen. Grössere Versuchsreihen von Kjellberg haben ausgezeichnete Zugfestigkeiten ergeben, die gleich oder etwas höher als jene guter Flusseisenbleche war. Analoge Resultate sind enthalten in der Veröffentlichung bezüglicher Versuche des Schweizer. Vereins von Dampfkesselbesitzern (über die Festigkeit elektrisch geschweisster Hohlkörper, E. Höhn, 1923), bei denen mit umwickelten Elektroden eine mittlere Zugfestigkeit der geschweissten Nähte von 3,6 t/cm² erreicht wurde. Wenn auch elektrisch geschweisste Nähte spröder sind als autogen geschweisste, so besteht bei jenen die Möglichkeit einer Verstärkung durch Laschen.

Bezüglich der *Stromart* ist zu erwähnen, dass ursprünglich nur Gleichstrom verwendet wurde, in der Annahme, dass der Transport des Schweissgutes von einem Pol zum andern auf elektrischem