Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 28 (1937)

Heft: 1

Artikel: Gase in Schweissungen

Autor: Sonderegger, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1059822

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: 11.01.2026

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

Gase in Schweissungen.

Von *A. Sonderegger*, Zürich.

621.791 : 669.14

Die grossen Erfolge der Elektroschweissung in neuerer Zeit sind zum Teil der erhöhten Kenntnis zu verdanken, welche die Metallurgie in den letzten Jahren über den Einfluss der im Stahl in den verschiedenen Aggregatszuständen vorhandenen Gase gewonnen hat. Es wird im nachfolgenden versucht, einen kurzen Ueberblick zu geben über diese Erkenntnisse bzw. über die Auswirkung der verschiedenen Gase auf die physikalischen Eigenschaften von Schweissungen und über den Einfluss verschiedener Legierungszusätze auf den Gasgehalt derselben.

Les succès récents de la soudure à l'arc électrique sont dus en partie aux progrès réalisés par la métallurgie moderne dans l'étude des gaz inclus dans l'acier aux différentes températures. L'auteur essaye de donner ici un bref aperçu de ces recherches, respectivement de l'effet des différents gaz sur les propriétés physiques des soudures et de l'influence des différents alliages sur la teneur en gaz des soudures.

Die Elektroschweissung machte in letzter Zeit eine Entwicklung durch, welche noch vor zehn Jahren trotz der damals realisierten Erfolge für gänzlich unmöglich gehalten worden wäre. Bei der Prüfung der physikalischen Eigenschaften von Schweissnähten bekam man damals von Seite der Materialprüfer wohlwollend zu hören, dass elektrische Schweissnähte zwar eine ganz nette Sache seien, dass dieselben jedoch immerhin nur eine primitive Form eines Stahl-Giessprozesses im kleinen darstellen und demzufolge nie gleichwertige oder bessere Eigenschaften aufweisen können als ein etwas minderwertiger Stahlguss. Trotz dieser Prophezeiungen werden heute mit Lichtbogenschweissungen physikalische Eigenschaften erreicht, die denjenigen bester gegossener, gewalzter und durchgeschmiedeter Qualitätsstähle durchaus ebenbürtig sind.

Diese hohen Qualitätserfolge sind der eingehenden Erforschung der Vorgänge im Metall-Lichtbogen zuzuschreiben, namentlich deren Erforschung in metallurgischer Hinsicht. Die metallurgische Erkenntnis ging in den letzten Jahren Hand in Hand mit derjenigen der Stahlerzeugung selbst und es darf wohl gesagt werden, dass beide sich gegenseitig in der Erkenntnis der Vorgänge im Stahlbad gefördert haben.

Man erkannte in neuerer Zeit namentlich auch, dass neben anderen Verunreinigungen die in einem Stahl enthaltenen Gase einen sehr wesentlichen Anteil an der Gestaltung dessen Festigkeitseigenschaften haben. Es sind dies nicht nur die im Stahl vorhandenen, in Blasenform ausgeschiedenen Gase, sondern auch die darin gelösten Gase. Ein Bad von flüssigem Stahl vermag, wie andere Metalle, eine erhebliche Menge der im Fabrikationsprozess damit in Berührung kommenden Gase zu lösen. Diese Gase sind ein Gemisch aus Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenoxyd, Wasserstoff und Metan, wobei die Mengen je nach dem Herstellungsverfahren wechseln. Von diesen Gasen stammt der Stickstoff aus der Luft, der Wasserstoff aus der Luftfeuchtigkeit oder aus den verwendeten Industriegasen, Kohlenoxyd, Kohlensäure und Metan aus den chemischen Vorgängen an der Oberfläche des heissen Bades, die beiden erstgenannten aus der Reaktion mit den im flüssigen Stahl gelösten Eisenoxyden. Diese Reaktion findet vor allem bei der Erstarrungstemperatur statt. Der Gehalt an reinem Sauerstoff ist relativ klein, weil dieser gewöhnlich in chemischen Verbindungen festgebunden ist.

Mit sinkender Temperatur des Stahlbades nimmt dessen Lösungsvermögen für diese Gase ab, und zwar nicht stetig, sondern an gewissen Punkten des Temperaturabfalls auch sprunghaft, vor allem beim Uebergang vom flüssigen in den festen Aggregatzustand. Es findet demzufolge besonders in diesem Uebergang eine erhebliche Gasausscheidung statt, auf welche nachher zurückzukommen ist. Ein relativ kleiner Teil der Gase bleibt auch im festgewordenen Stahl gelöst. Die Menge richtet sich je nach dem Herstellungsverfahren. Nach Angaben von Söhnchen [1]) wurden im Giessereiinstitut der Technischen Hochschule Aachen folgende Gasgehalte für verschiedene Stähle ermittelt:

Tabelle I.

Stahlart	% Sauerstoff	% Stickstoff
Schweiss-Stahl	0,025 ... 0,03	0,003 ... 0,005
Siemens-Martin-Stahl . .	0,012 ... 0,03	0,001 ... 0,008
Thomas-Stahl	0,06 ... 0,1	0,01 ... 0,03
Tiegel-Stahl	0,012 ... 0,02	0,001 ... 0,008
Elektro-Stahl	0,01 ... 0,08	0,008 ... 0,016

Man ersieht aus dieser Aufstellung, dass die Gasgehalte im allgemeinen sehr klein sind, dass aber derjenige von Thomas-Stahl weit über demjenigen der anderen Stähle liegt, bei denen sich die Gasgehalte nicht mehr nachteilig bemerkbar machen können. Ueber den Einfluss dieses Gasgehaltes hat Séférian [2]) die folgenden Feststellungen an Schweissungen gemacht:

1. Sauerstoffgehalt von 0,0 . . . 0,2 %.
   Abnahme der Bruchfestigkeit des Stahls von 42 bis auf 32 kg/mm².
   Abnahme der Elastizitätsgrenze von 32 bis auf 18 kg/mm². Dehnung unverändert.
2. Stickstoffgehalt von 0,0 . . . 0,2 %.
   Zunahme der Bruchfestigkeit von 43 auf 60 kg/mm².
   Zunahme der Elastizitätsgrenze von 30 auf 45 kg/mm².
   Abnahme der Dehnung von 28 auf 18 %.

Es ergibt sich also eine recht bedeutende Abnahme der Festigkeit durch den Einfluss des gelösten Sauerstoffs sowie eine Zunahme der Härte und Sprödigkeit durch den Stickstoffgehalt.

[1]) E. Söhnchen, Gase in L.B.-Schweissungen von Stahl, Arcos-Z. Bd. 13, Nr. 73, Juni 1936, S. 1440.

[2]) D. Séférian: Untersuchung der Gasaufnahme beim Schweissen. Rev. Soud. Autog. Bd. 27 (1935), Nr. 261, S. 4.

Der vom Stahl während der Abkühlung und Erstarrung des Bades abgegebene Gasteil, der durch Uebersättigung ausgeschieden wird, besteht namentlich aus Wasserstoff und Stickstoff sowie aus Kohlenoxyd, welche Gase im Erstarrungsmomente mit vermehrter Heftigkeit austreten und in den Luftraum entweichen wollen. Dies ist indessen nur möglich, wenn der Erstarrungsprozess, der Uebergang vom flüssigen in den zähflüssigen und teigigen Zustand nicht zu rasch erfolgt, so dass die Gasblasen im Bade Zeit haben, an die Oberfläche aufzusteigen. Ist dies nicht der Fall, so bleiben die Gasblasen im erstarrenden Metall eingeschlossen (Fig. 1)[3]. Diesem Ergebnis sucht der Giesser durch langsame Abkühlung, durch ein grosses Temperaturintervall

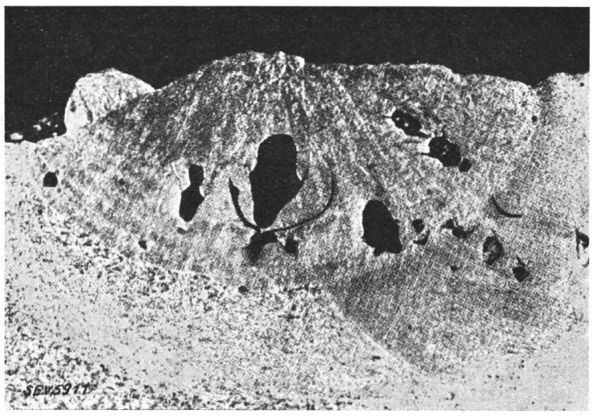

Fig. 1.
Gasblasen im zu rasch erstarrenden Metall.
(12fache Vergrösserung.)

für die Erstarrung und durch eine gute Desoxydation des Stahlbades entgegenzuwirken.

Der Einfluss von Gasblasen und Poren in Schweissungen ist nicht eindeutig. Oft macht man die Erfahrung, dass durch kleinere, von Auge sichtbare Poren auch bei grösserer Anzahl die physikalischen Eigenschaften einer Schweissung merkwürdig wenig beeinträchtigt werden, wenn diese kleineren Poren rund sind und das Material im übrigen fehlerfrei ist. Gröbere Gaslöcher machen natürlich eine Schweissung von vorneherein unbrauchbar.

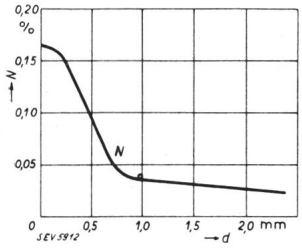

Fig. 2.
Einfluss der Dicke der Elektrodenumhüllung auf den Stickstoffgehalt der Schweissnaht.

Schweissungen enthalten Stickstoff und Sauerstoff auch noch in Form von Verbindungen als Nitride, Oxyde oder Silikate. Bei autogenen Schweissungen ist das Auftreten des Sauerstoffes durch die reduzierende Schweissflamme fast ganz vermieden. Bei Lichtbogenschweissungen muss dem Sauerstoff durch die Elektrodenumhüllung entgegengewirkt werden. Für die Gasgehalte von Lichtbogenschweissungen gibt Söhnchen die folgende Tabelle:

Tabelle II.

Draht	% C	% Mn	% Ni	% O_2	% N_2	% ($O_2 + N_2$)
1 bG	0,01	0,00	—	0,237	0,162	0,399
1 uG	0,04	0,67	—	0,114	0,021	0,135
1 uW	0,04	0,62	—	0,124	0,050	0,174
2 bG	0,04	0,12	—	0,210	0,132	0,342
2 uG	0,11	0,72	—	0,102	0,020	0,122
2 uW	0,10	0,67	—	0,117	0,029	0,146
3 bG	0,04	0,12	1,98	0,178	0,166	0,344
3 uG	0,21	0,43	1,97	0,045	0,005	0,050
3 uW	0,18	1,19	1,95	0,047	0,017	0,064

b = blank, u = umhüllt, G = Gleichstrom,
W = Wechselstrom

Aus Tabelle II ist in erster Linie der Unterschied im Sauerstoff -und Stickstoffgehalt bei Verwendung blanker und umhüllter Drähte ersichtlich. Während die Schweissungen mit blanken Drähten bis über 0,2 % Sauerstoff und bis 0,17 % Stickstoff enthalten, sinkt dieser Gehalt bei Verwendung zweckgemässer Umhüllung um 50 . . . 70 % beim Sauerstoff und um 80 . . . 90 % beim Stickstoff.

Fig. 2 veranschaulicht den Einfluss der Dicke der Elektrodenumhüllungen auf den Stickstoffgehalt des Schweissgutes (nach Portevin und Séférian). Aus dieser Darstellung ist zu ersehen, wie schon dünne Elektrodenumhüllungen die Stickstoffaufnahme stark herabsetzen können.

Es ist interessant, auch den Einfluss der chemischen Zusammensetzung des Schweissgutes auf seinen Gasgehalt zu verfolgen. Es gibt eine Anzahl von chemischen Elementen, welche eine Wirkung auf die Gasblasenbildung in Schweissungen auszuüben vermögen; doch ist diese Anzahl klein. Ausser Kohlenstoff, der für die Erreichung der Dichtigkeit des Schweissgutes günstig ist, sind es nur die Elemente Mangan, Silizium und Aluminium. Nach neuen Versuchen werden allerdings auch Kupfer und Nickel als Herabminderer der Stickstoffaufnahme genannt, während Chrom diese vergrössern soll. Auch hier ist die Parallele zum Stahlgiessereiprozess wieder vollständig gegeben.

Aluminium ist am wirksamsten; seine Einführung in das flüssige Schweissgut geschieht bei der Lichtbogenschweissung aus der Ummantelung, welcher es als Ferro- oder Ferrotitanaluminium zugesetzt wird. Reines Aluminium ist nicht so wirksam als Desoxydationsmittel und wirkt vielmehr als exothermer Wärmeerzeuger.

Silicium, das in Form von Ferrosilicium, Silicospiegel oder Carborundum ebenfalls der Ummantelung beigegeben wird, wirkt wesentlich schwächer als Aluminium. Ein hoher Siliziumgehalt im Schweissdraht selbst wirkt ungünstig auf dessen Schweisseigenschaften. Für die Gasschmelzschweissung werden allerdings in jüngster Zeit silizierte Drähte verwendet.

[3]) H. Blomberg: Ueber Gase und Gasblasenbildung beim Schweissen. «Elektroschweissung» Bd. 7 (1936), Nr. 7.

Die Wirkung des Mangans auf die Verminderung der Gasblasen ist noch weniger intensiv als die des Siliciums. Es wird als Ferromangan, Siliciummangan oder als Mangansuperoxyd der Umhüllung bei-

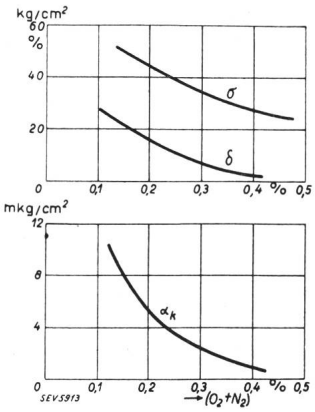

Fig. 3.

Einfluss des Gasgehaltes auf die mechanischen Eigenschaften der Schweissnaht.

σ Zugfestigkeit.

δ Dehnung.

α_k Kerbzähigkeit.

gesetzt. Auch der Schweissdraht selbst wird Mangan zugefügt.

Den Einfluss der Gase auf die mechanischen Eigenschaften von Lichtbogenschweissungen zeigt Fig. 3, und zwar das obere Bild die Zugfestigkeit und Dehnung (statische Proben) und das untere Bild den Verlauf der Kerbzähigkeit. Die Versuche beziehen sich auf den in der Tabelle II als Nr. 2 aufgeführten Draht. Man sieht, dass mit wachsendem Gehalt an Sauerstoff und Stickstoff (O_2+N_2) Festigkeit und Dehnung stark sinken, und noch intensiver ist dies bei der Kerbzähigkeit der Fall, welche sehr rasch bis auf Null hinuntergeht.

Mit Gasausscheidungen hängt auch das sogenannte *Altern* des Stahles und auch der Schweissungen zusammen. Man versteht darunter zwei Erscheinungen: Die Ausscheidung überschüssiger gelöster Gase im Stahl, welche bei längerem Lagern bei Zimmertemperatur vor sich geht und eine Härtung bei gleichzeitiger Abnahme der Kerbzähigkeit bewirkt, und sodann die sogenannte mechanische oder Reckalterung, welche sich als Folge von Streckungen des Materials über die Streckgrenze hinaus einstellt. Dabei werden durch die plastischen Verformungen Ausscheidungen hervorgerufen, die ebenfalls zu einer starken Abnahme der Kerbzähigkeit führen. Fig. 4 gibt die Beziehung zwischen Gasgehalt und mechanischer Alterung. Unterhalb der Löslichkeitsgrenze ist die Reckalterung gering oder gar nicht vorhanden.

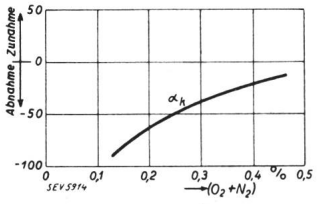

Fig. 4.

Einfluss des Gasgehaltes auf die mechanische Alterung.
(Zunahme der Kerbzähigkeit in Funktion des Gasgehalts.)

Diese Ausführungen sollen zeigen, wie die metallurgische Behandlung der Elektroschweissung mit der Metallurgie der Stahlgiesserei Hand in Hand geht und wie wichtig die Bekämpfung des Gasgehaltes in Schweissnähten für deren Güte ist.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Sperrung von Gross-Heisswasserspeichern mit Tarifdraht an Stelle von Schaltuhren.

621.364.5 : 644.62

Schon haben einige Werke zur Steuerung der Doppeltarifwärmezähler besondere Tarifdrähte eingeführt. Meistens kommt zur Zeit des Hochtarifs von der Station durch den Tarifdraht Phasenspannung und hebt sämtliche am Tarifdraht und Nulleiter angeschlossenen Doppeltarifzähler auf Hochtarif.

Kleinere Heisswasserspeicher mit Quecksilberwippen lassen sich durch Vorschalten eines Relais, das bei erregter Spule ausschaltet, ohne weiteres mit diesem Tarifdraht und dem Nulleiter während der Hochtarifzeit sperren.

Bei Großspeichern mit Thermostat, Zeit- und Temperaturschalter ist dies nicht ohne weiteres möglich. Das Bedürfnis, vom Gang eines Uhrwerkes unabhängig zu sein und gleichzeitig den Zeit- und Temperaturschalter durch ein einfaches Relais zu ersetzen, zeigt sich immer mehr. Die folgende Schaltung, die schon bei einigen Heisswasserspeichern in Menziken verwendet wird, erfüllt diese Wünsche in allen Teilen.

Hat der Heisswasserspeicher die gewünschte Temperatur von ca. 80° erreicht, so schaltet der Thermostat auf «Aus» um. Die immer einpolig am Nulleiter angeschlossene Spule des Relais wird durch die Phasenspannung erregt und schaltet den Speicher aus.

Wird dem Speicher Warmwasser entnommen, so schaltet der Thermostat auf «Ein» um. Zur Hochtarifzeit kommt durch den Tarifdraht Phasenspannung und geht durch die Spule des Relais an den Nulleiter, das den Strom unterbricht und den Speicher ebenfalls ausschaltet. Zur Nieder-

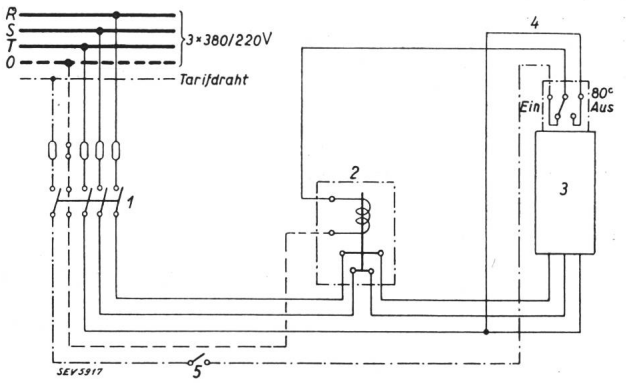

Fig. 1.

Schema zur Steuerung von Heisswasserspeichern durch Tarifdraht.

1 Hauptschalter. *2* Relais, Stellung bei unerregter Spule 220 V. *3* Heisswasserspeicher, mit zweiter Temperaturbegrenzung in 2 Phasen. *4* Thermostat mit Momentschalter. *5* Handschalter zur Ferneinschaltung bei Hochtarifzeit.

tarifzeit bleibt die Spule des Relais unerregt, da der Tarifdraht spannungslos ist, und der Speicher wird eingeschaltet und erwärmt.