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

Band: 2 (1936)

Artikel: Prüfungs- und Überwachungsverfahren für die elektische Schweissung der gewöhnlichen Stähle

Autor: Moressée, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2812

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: 09.07.2025

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

IIIc 1

Prüfungs- und Überwachungsverfahren für die elektrische Schweißung der gewöhnlichen Stähle.

Méthodes d'essais et de contrôle de la soudure électrique des aciers ordinaires.

Testing and Control in the Electric Welding of Ordinary Steels.

G. Moressée,
Ingénieur des Constructions Civiles et Coloniales, Liége.

Die elektrische Lichtbogen- oder Widerstandsschweißung der Stähle, welche normalerweise für Brücken- und Hochbaukonstruktionen verwendet werden, bietet kaum noch Schwierigkeiten. In dem Maße jedoch, wie diese Schweißung auf Grund wirtschaftlicher Erwägungen sowie infolge ihrer leichten Ausführbarkeit oder ästhetischen Wirkung gefördert, wird es mehr und mehr erforderlich, die Prüfungs- und Überwachungsmethoden zu vervollkommnen.

Die Bau- und Lieferungsvorschriften schreiben im allgemeinen nur die Art der zu verwendenden Elektroden sowie die Überwachung der Handarbeit und die Prüfung der eingebrachten Schweißlagen oder der geschweißten Punkte vor.

Der gewissenhafte Konstrukteur jedoch, welcher eine schwere sowohl rechtliche als auch moralische Verantwortung trägt, muß jedoch bedeutend schärfer in seinen Anforderungen sein und eingehendere Untersuchungen anstellen, um die Sicherheit zu besitzen, daß seine Arbeit gelingen wird.

I. Die elektrische Lichtbogenschweißung.

Anwendungsmöglichkeiten.

Die elektrische Lichtbogenschweißung der weichen Baustähle (37—44 kg/cm², 42—50) und der halbharten Baustähle (St. 52, MS. 60—70, C. 58—65 usw.) erfolgt in Belgien fast ausschließlich unter Verwendung umhüllter Elektroden. Die Schweißung mit blanker Elektrode ist für die auf Festigkeit beanspruchten Verbindungen aufgegeben worden, da dieses Schweißgut spröde ist und leicht oxydiert infolge der darin eingeschlossenen Oxyde und Nitrate (SiO_2 in Form kleiner Kügelchen) oder der darin gelösten Verbindungen (FeO und Nitrate bis zu einem festen Gehalt von 0,12 %).

Wechselstrom wird häufiger verwendet als Gleichstrom, da er infolge der Spannungsschwankungen eine energische Durchrührung der geschmolzenen Masse hervorruft, wodurch die Schlackenteilchen und Lunker ausgetrieben werden. Der Wechselstrom erfordert aus Gründen der Stabilität einen kurzen Licht-

bogen, wodurch sich infolge der Wärmekonzentration zahlreiche kleine Tröpfchen bilden, welche einen wirksamen Schutz des geschmolzenen Metalles ergeben.

Die höheren Stromstärken werden unter Innehaltung des Bereichs des stabien Lichtbogens besonders angestrebt, da sie eine wesentliche Beschleunigung des Schweißens ermöglichen, woraus sich geringere Gestehungskosten sowie eine Verringerung der inneren Spannungen, ein besserer Einbrand und eine gesunde und einschlußfreie Schweißnaht ergeben.

Wahl der Elektroden.

Die Wahl der für eine bestimmte Arbeit geeigneten Elektroden ist ein wichtiger Gesichtspunkt, welcher zu häufig dem kaufmännischen Ermessen überlassen bleibt. Die Wahl der Elektroden hängt von der Art des zu schweißenden Stahles, von der Art der herzustellenden Verbindungen (starre, halbelastische, elastische), von der Lage der Konstruktionsteile (Stumpfschweißung, V- und X-Nahtschweißung usw.), von ihrer Anordnung im Raum (horizontale, vertikale, oder über Kopf geschweißte Schweißnähte), von dem Ort, wo die Schweißarbeit durchgeführt wird (Werkstätte, Baustelle) und sogar auch von den atmosphärischen Bedingungen ab.

Nachdem die Art der zu verwendenden Elektroden festgestellt ist, empfiehlt es sich, einen möglichst großen Durchmesser für dieselben zu verwenden, soweit dieser sich mit der Dicke der zu schweißenden Stücke und der Lage der Schweißnähte verträgt. Geht man von einer bestimmten Stromstärke aus, so wächst die Schweißgeschwindigkeit gleichzeitig mit der Leistung des Gerätes und der Arbeiter, während die inneren Spannungen sich entsprechend verringern.

Die Schweißer.

Der gute Erfolg hängt zum großen Teil von der Qualität und der Gewissenhaftigkeit der Schweißer und der Überwachungspersonen ab.

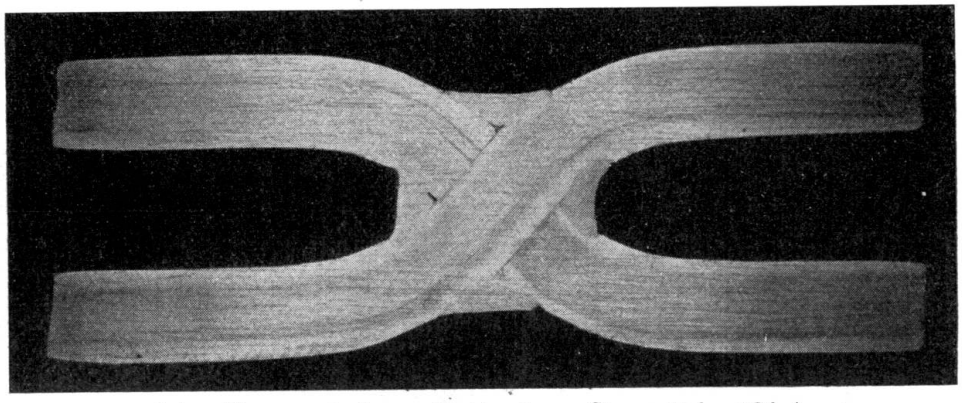
Regelmäßige ärztliche Untersuchungen gewährleisten einen guten Gesundheitszustand des Personals. Es ist darauf zu achten, daß die Arbeit unter gesundheitlich einwandfreien und günstigen Bedingungen durchgeführt wird.

Jede Woche oder höchstens alle vierzehn Tage, und zwar entweder zu Beginn oder am Ende der Woche muß jeder Schweißer ein Probestück schweißen, welches im kalten Zustand gebogen und weiteren Festigkeitsprüfungen unterworfen wird, wobei das Probestück reißen muß, ohne daß die Schweißstellen sich ändern. Anschließend wird das Probestück im Schnitt auf makrographischem Wege untersucht (Fig. 1).

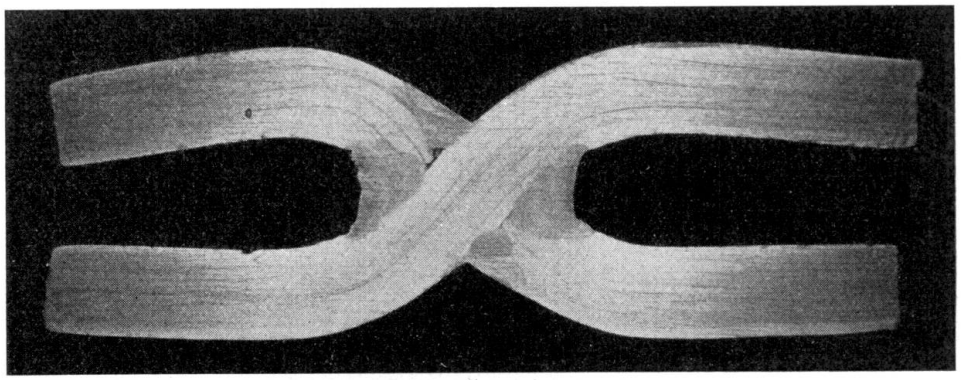
Das Schweißgut.

Das Schweißgut muß auf seine Beschaffenheit chemisch untersucht werden (Feststellung der Qualitätsbeständigkeit), sowie auf sein Gefüge durch die mikrographische Analyse (Einfluß des Bearbeitungsverfahrens auf die Korngröße, den Einbrand, die Einschlüsse), auf seinen Reinheitsgrad durch die makrographische Analyse (Einschlüsse, Porosität), auf seine Festigkeitseigenschaften durch Festigkeitsprüfungen (wobei die Bruchdehnung das Kriterium für die

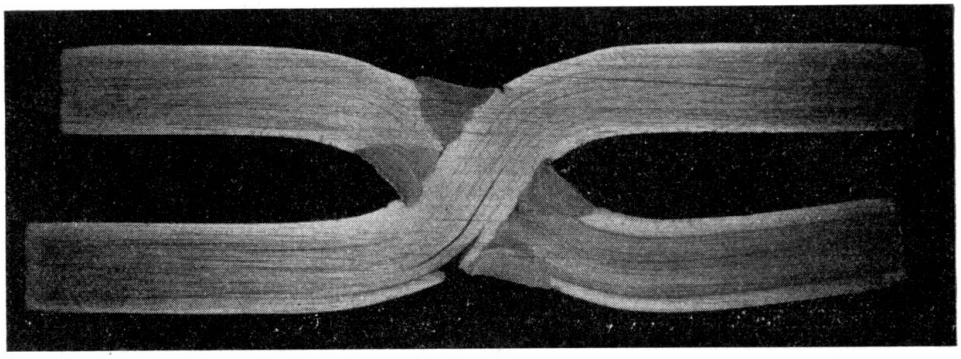
Qualität ist). Die Figuren 2, 3, 4 und 5 zeigen ein Beispiel für die Untersuchung der Schweißnaht eines Kohlenstoffstahles Ougrée 58—65 kg unter Verwendung von Arcos-Stabilend-Elektroden.



Schweißung mit 4 mm Elektroden. Stromstärke 190 A.



Schweißung auf Abschrägung mit 6 mm Elektroden. Stromstärke 250 A.



Schweißung auf Abschrägung mit 8 mm Elektroden. Stromstärke 500 A.

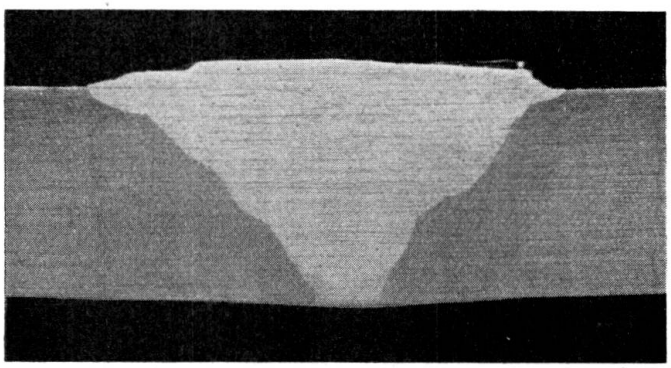
Fig. 1.

Kreuzförmige Versuchsstücke nach der Zusammendrückung.
Die Nähte müssen unversehrt bleiben.

Die Schweißverbindungen.

Was den Konstrukteur interessiert, ist jedoch nicht lediglich das Verhalten des Schweißguts, sondern auch die Festigkeit der Schweißverbindung gegen Beanspruchungen und gegen die korrodierenden Einflüsse der Atmosphäre.

Untersuchung eines geschweißten Stoßes.



Chemische Analyse.

Stahl 58—65		Schweißgut aus „Arcos Stabilend" Elektroden	
C.	0,310	C.	0,080
Mn.	0,836	Mn.	0,430
P.	0,060	P.	0,014
Si.	0,075	Si.	0,015
S.	0,037	S.	0,032

Mechanische Versuche.

Bruchlast	58 kg/mm²	50 kg/mm²
Elektrizitätsgrenze	38 kg/mm²	36 kg/mm²
Bruchdehnung	24 %	28 %
Kerbzähigkeit	6 mkg/cm²	10,6 mkg/cm²

Mittelwerte von 80 Versuchen.

Prüfung durch Anfräsen.

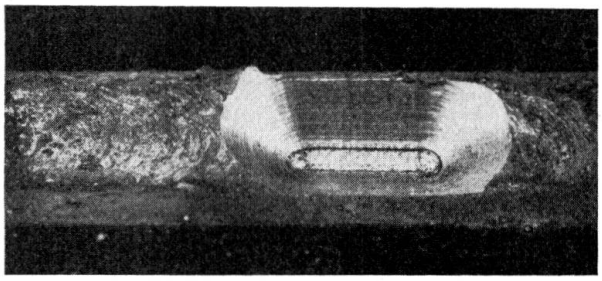


Fig. 2.

Untersuchung eines Versuchskörpers, geschweißt mit Wechselstrom und mit „Arcos Stabilend" Elektroden; der Mutterwerkstoff ist Stahl 58—65.

Abnahmeprüfung von Stahl 37—44
(24 Versuche)

Bruchlast	min.	50	kg/mm²
	max.	56	kg/mm²
	mittel	54	kg/mm²
Kerbzähigkeit	min.	8,9	mkg/cm²
	max.	12,6	mkg/cm²
	mittel	11	mkg/cm²

Biegen über Dorn ø = 3 e.
Gut für 180°.

Abnahmeprüfung von Stahl 58—65
(24 Versuche)

Bruchlast	min.	55	kg/mm²
	max.	69	kg/mm²
	mittel	58,5	kg/mm²
Kerbzähigkeit	min.	5,52	mkg/cm²
	max.	8,27	mkg/cm²
	mittel	6,7	mkg/cm²

Biegen über Dorn ø = 5 e.
Gut für 180°.

Fig. 3.

Ohne thermische Behandlung. Nach dem Ausglühen.

Schweißgut.

Schweiß-Stoß.

Nahe beim Stoß.

Roheisen.

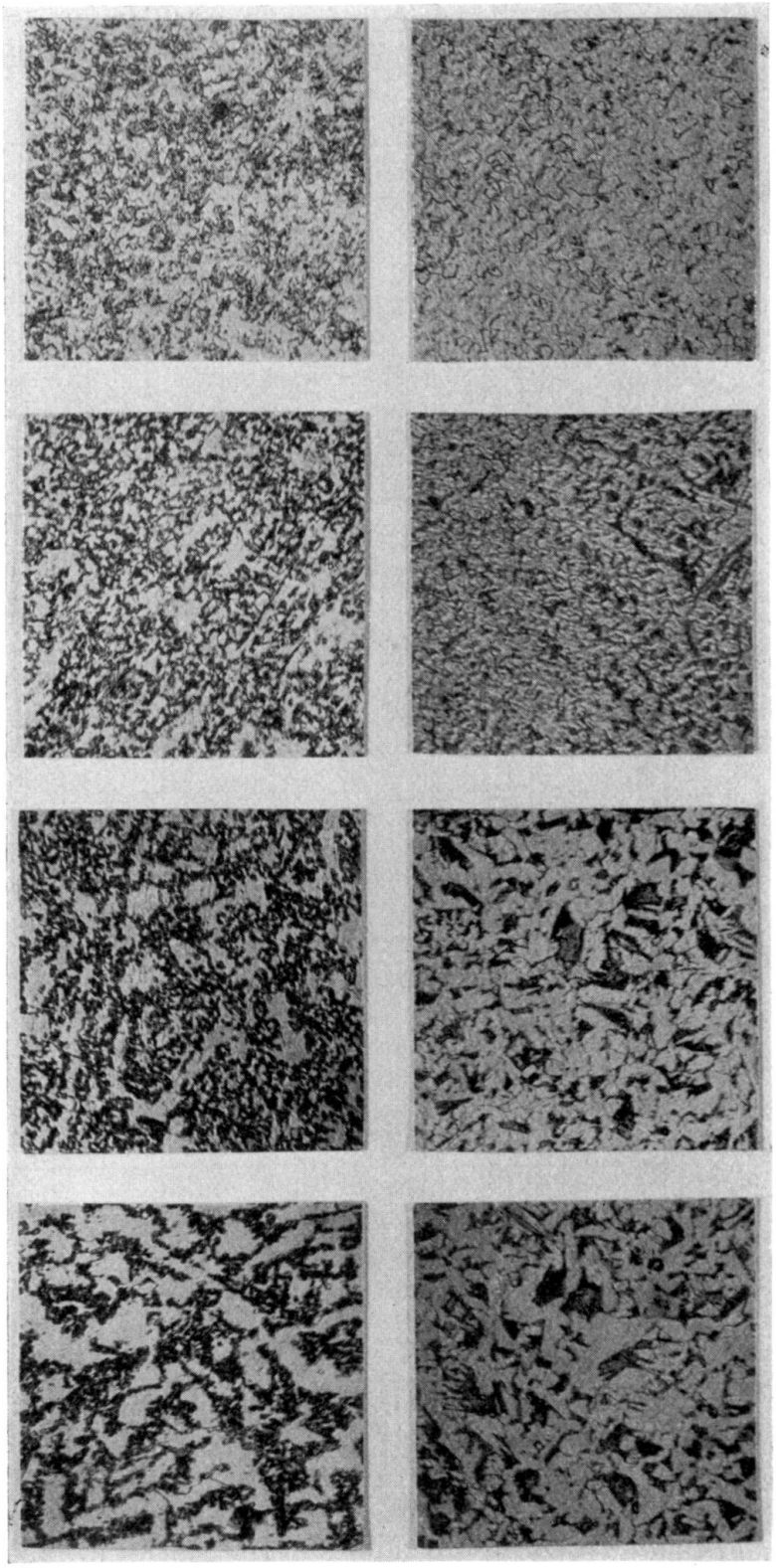


Fig. 4.

Mikro-Aufnahmen eines Schweiß-Stoßes.

Kohlenstahl 58—65. Elektrode: Arcos-Stabilend.

Die Prüfungen der Schweißbarkeit eines Stahles bieten in dieser Beziehung einen großen Vorteil, weil sie sich den praktisch vorhandenen Arbeitsbedingungen nähern und dabei doch vollkommen genaue Ergebnisse über das Verhalten des Stahles bei Zugbeanspruchung (mit Bestimmung der Elastizitätsgrenze) und Schlagbeanspruchungen (Kerbzähigkeitsprüfungen von *Mesnager* oder *Charpy*) liefern.

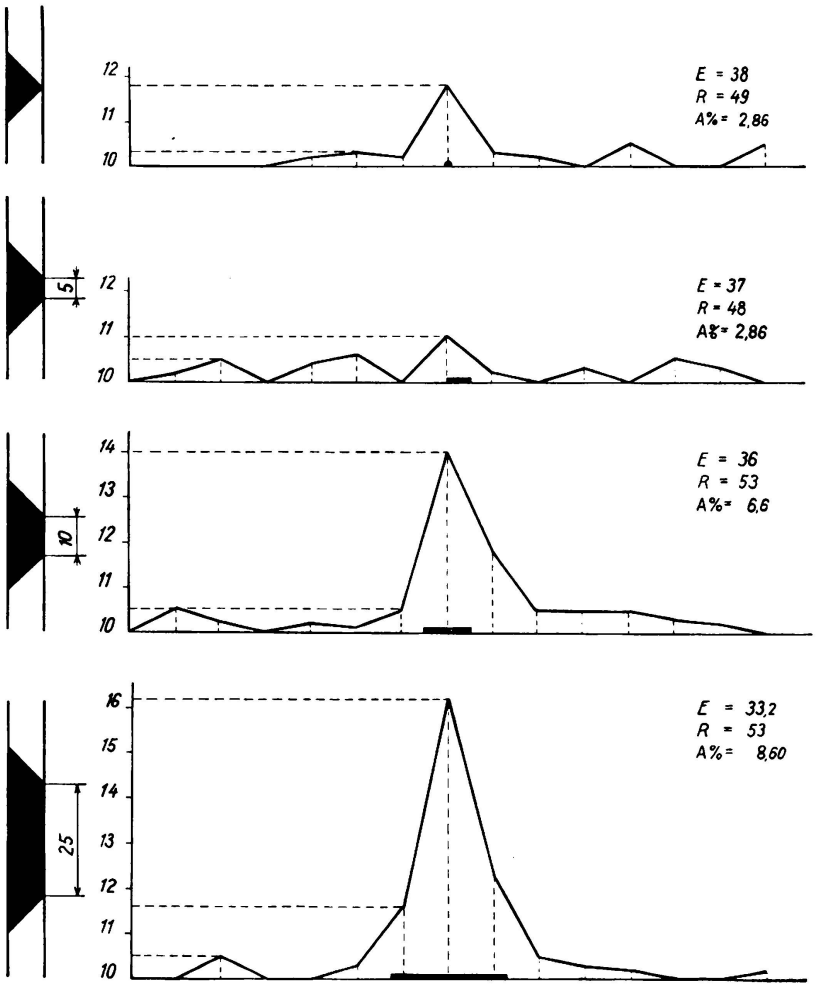


Fig. 5.

Zugversuch an Flacheisen-Stab von 100 mm² Fläche und 140 m Länge mit veränderlicher Schweißgutmenge. Messung der Bruchdehnungen von 10 zu 10 mm. Kohlenstahl 58—65. Arcos-Stabilend Elektrode. Man beachte die Verteilung der Dehnungen und die schwache Gesamtdehnung. Ein Vergleichs-Prüfstab aus Blech gibt 20 %.

Es ist dann noch erforderlich, die Festigkeit der verschiedenen Schweißnähte festzustellen, die von dem Entwurfsbüro vorgeschlagen sind und zwar unter den wirklich vorhandenen Ausführungs- und Ermüdungsbedingungen. Ferner ist die Formänderung der Schweißnähte vor Erreichen der Elastizitätsgrenze zu ermitteln.

Die Spannungsverteilung kann an einem verkleinerten oder einem Modell natürlicher Größe ermittelt werden, und zwar nach der Methode, die von Professor *Campus* an den geschweißten Knotenpunkten der Fachwerkkonstruktion

des Chemischen und Bautechnischen Institutes der Universität Lüttich durchgeführt worden ist.

Die Besichtigung der Schweißnähte durch eine besonders ausgebildete Überwachungsperson ist die erste Prüfung. Die Schweißnähte werden vom Schweißer mit einer Nummer versehen, so daß derselbe für seine Arbeit verantwortlich gemacht werden kann, auch wenn Fehler erst lange Zeit nach der Ausführung auftreten. Die Nummern werden in ein besonderes Register eingetragen, in dem auch alle anderen Anmerkungen verzeichnet werden.

Die Prüfung der eingebrachten Schweißraupen durch Herausfräsen kann vor Aufnahme der Fabrikation von Nutzen sein, um den Einbrand usw. feststellen zu können. Später hat dieses Verfahren, welches eine Zerstörung der Schweißnaht erfordert, nur noch untergeordnete Bedeutung infolge seiner moralischen Einwirkung auf den Arbeiter, welcher sich überwacht fühlt.

Die Kontrolle mit dem Stethoskop ist für die ins Auge gefaßten Verwendungsgebiete von untergeordneter Bedeutung.

Die magnetographische Kontrolle, bei welcher die durch die Schweißnaht hervorgerufenen Abweichungen der Kraftlinien eines durch einen Magneten erzeugten Magnetfeldes festgestellt werden, kann in besonderen Fällen wertvolle Ergebnisse liefern und zwar insbesondere bei der Voruntersuchung stumpfgeschweißter Prüfstücke. Die Steigerung des magnetischen Widerstandes in der Schweißstelle an den fehlerhaften Zonen (Risse, Blasen usw.) ist an den Kraftlinien des Spektrums zu erkennen.

Die Metalloskope von *Giraudi* ergeben beachtliche Resultate, aber nur bei der Untersuchung kleiner Stücke, da die Intensität des Feldes so groß sein muß, daß sie zu einer Sättigung führt. Magnetische Metalloxyde, in einer Flüssigkeit suspendiert, werden auf die Prüfstücke gegossen und an den Stellen angezogen, wo die Kraftlinien aus dem Prüfstück austreten, so daß an der Oberfläche der Stücke die im Inneren derselben vorhandenen Fehler aufgezeichnet sind.

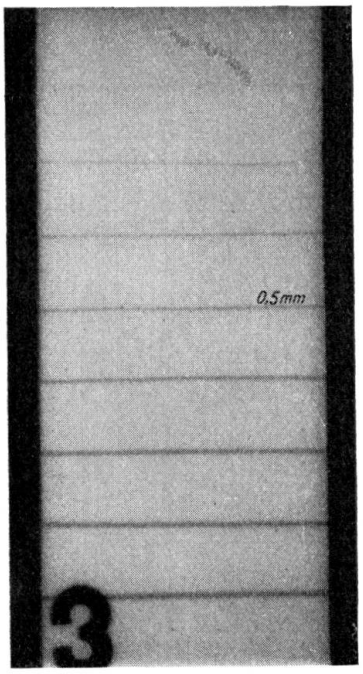
Die Prüfung mit Hilfe der Röntgenfotografie, welche darin besteht, daß die Schweißnähte mit Hilfe von Röntgenstrahlen fotografiert werden, ist das einzig wirksame Prüfverfahren, welches praktisch durchgeführt worden ist. Die Intensität der Strahlen muß entsprechend der Stärke der Stücke und der Abmessungen der aufzudeckenden Fehler gewählt werden. Die ortsfesten oder fahrbaren Röntgengeräte von Philips ermöglichen es, eine Durchdringungstiefe der Röntgenstrahlen von 80 mm zu erzielen. Die Elektronenintensität wird durch einen Widerstand geregelt; ein vollkommener Schutz der Arbeiter ist gewährleistet (Fig. 6, 7, 8 und 9).

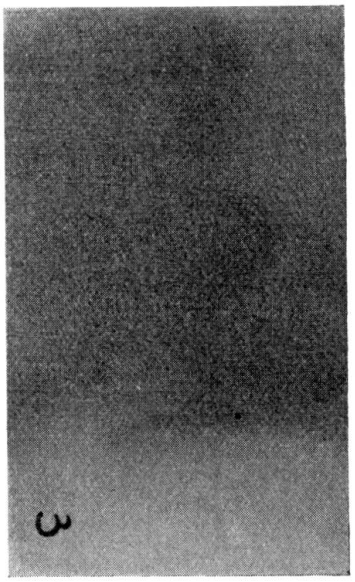
II. Die Punktschweißung.

Anwendungsformen.

Die elektrische Widerstandsschweißung in Form der Punktschweißung wird bis jetzt fast nur für den Bau von Trägern, Gitterwerken oder sekundären Teilen im Brücken- und Hochbau verwendet. Sie findet jedoch in zunehmendem Maße Anwendung.

Die gute Ausführung eines Schweißpunktes hängt im wesentlichen von drei Bedingungen ab, nämlich: von der Temperatur der Schweißzone, der Schweiß-



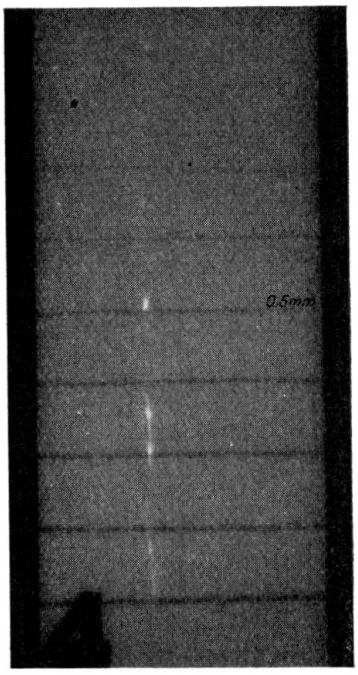


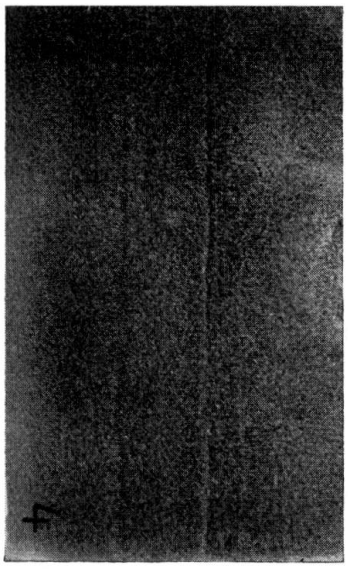
Röntgenbild. Magnetoskopisches Bild.

(Belichtung: 10 Minuten. 70 KV. 4 m A.
Erkennung von Fehlern von 0,1 mm).

Fig. 6.

Durch V-Naht geschweißter Stoß; Dicke 10 mm. Elektroden Esab. OK. 47. Fluß-Stahl. Gesunde Schweißung.



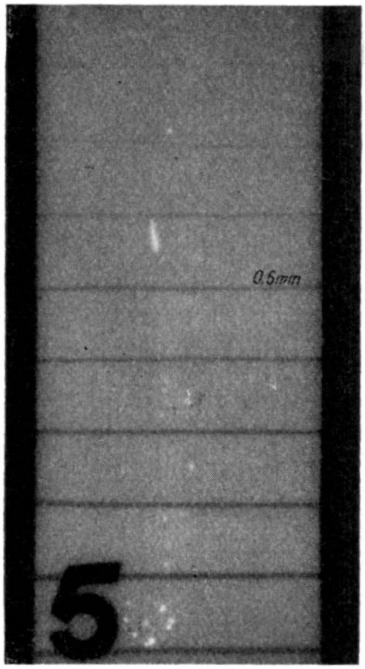


Röntgenbild. Magnetoskopisches Bild.

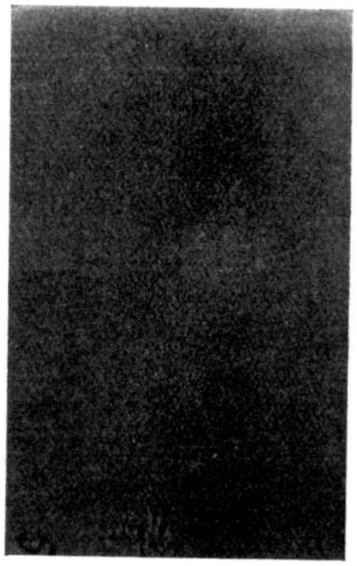
(Belichtung: 15 Minuten. 70 KV. 4 m A.)

Fig. 7.

Durch V-Naht geschweißter Stoß. Dicke 10 mm, Elektroden Esab. OK. 47. Kohlenstahl: 58—65. Man bemerkt einen Längsriß infolge Schrumpfen. Die Schweißung schien äußerlich vollkommen zu sein.



Röntgenbild.

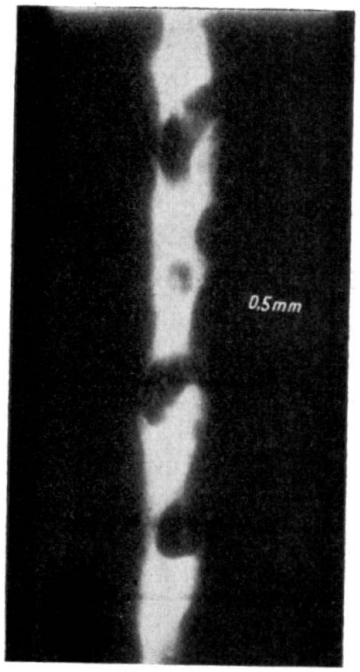


Magnetoskopisches Bild.

(Belichtung: 15 Minuten. 70 KV. 4 m A.)

Fig. 8.

Durch V-Naht geschweißter Stoß. Dicke: 10 mm. Elektroden: Arcos-Veloxend. Poren in der Größenordnung von 0,1—0,2 mm infolge einer übertriebenen Stromstärke.



Röntgenbild.

Magnetoskopisches Bild.

(Mögliche Erkennung von Fehlern $>$0,3 mm. Belichtung 4 Sekunden. 90 KV. 4 m A.)

Fig. 9.

Durch V-Naht geschweißter Stoß: Dicke 10 mm. Elektroden: Arcos-Veloxend. Man beobachtet auf die ganze Nahtlänge eine Höhlung mit Metalltropfen, umgeben von Schlacke.

zeit und dem Druck, welcher auf die zu verbindenden Stücke während und am Ende des Schweißvorganges ausgeübt wird.

Die Temperatur des Stahles an der Schweißstelle ist schwer direkt zu messen. Die Schweißzeit muß bisweilen außerordentlich kurz sein ($^1/_{50}$ Sekunde für die nicht oxydierenden Stähle 18/8, um bestimmte chemische Umsetzungen zu vermeiden), und muß sich in Abhängigkeit von der Art der Stücke ändern. Der Druck wird für einen bestimmten Fall konstant gehalten und durch mechanische, pneumatische, hydraulische oder elektrische Geräte eingestellt.

Sehr hohe Drücke, welche während sehr kurzer Zeit zur Einwirkung kommen und selbsttätig durch Einrichtungen abgestellt werden, die sofort nach der Unterbrechung des Stromes in Wirksamkeit treten, ergeben die besten praktischen Resultate.

Die Steuerung.

Die Steuerung der Schweißung durch geeignete Unterbrecher, welche den Strom im richtigen Augenblick unterbrechen, ergibt heute sehr befriedigende Resultate.

Die mit konstanter Zeit arbeitenden Unterbrecher gleichen in allen Fällen diejenigen Unregelmäßigkeiten nicht aus, welche durch die Verrostung und die Unregelmäßigkeiten in der Berührung der zu verbindenden Stücke bedingt sind, da sie auf der Annahme beruhen, daß die Schweißtemperatur für zwei aufeinanderfolgende Schweißungen konstant bleibt, was nur dann zutrifft, wenn die in dem Sekundärstromkreis induzierte elektromotorische Kraft konstant ist und die Summe der Kontaktwiderstände zwischen den Werkstücken und den Elektroden in jedem Augenblick den gleichen Wert besitzt. Diese Resultate werden jedoch nur erzielt, wenn die Bleche vollkommen sauber sind.

Die Unterbrecher mit konstanter Mindeststromstärke unterbrechen den Strom, wenn die Stärke des in der Schweißstelle fließenden Stromes einen bestimmten Wert erreicht. Sie ergeben eine empfindliche Regelung und hängen von der Spannung ab.

Die Unterbrecher, welche die Ampère-Sekunden zählen, unterbrechen den Strom, wenn eine bestimmte Anzahl von Ampère-Sekunden durch die Maschine hindurchgeflossen ist. Das Verhältnis zwischen dem den Transformator durchfließenden Strom und der an die Schweißmaschine abgegebenen Leistung ändert sich dauernd und hängt im wesentlichen von der Oberfläche der zu schweißenden Stücke, sowie von dem Anpreßdruck und der Änderung desselben während des Schweißens ab.

Die Unterbrecher, welche die Watt-Leistung messen, arbeiten in Abhängigkeit von der der Maschine zugeführten wirklichen Leistung oder einer Funktion dieser Leistung. Es ist vorzuziehen, sie in den Sekundärstromkreis einzuschalten und an die Elektrodenspannung zu legen, da sie in dieser Weise genauer arbeiten. In diesem Fall ist jedoch erforderlich, einen Transformator und eine komplizierte Abzweigung vorzusehen.

Ein selbst aufzeichnendes Kontrollgerät druckt bei jedem Schweißpunkt eine Kurve auf einen Papierstreifen, welche in Abhängigkeit zu der zugeführten Leistung steht und somit eine Prüfung der Qualität des Schweißpunktes ermöglicht. Bei Unglücksfällen, schlechten Kontakten, falsch verbundenen Leitern,

defekten Reglern, Spannungsabfällen usw. ertönt ein Läutwerk, welches die Überwachungsperson aufmerksam macht. Die Schweißmaschine hält an, bis wieder normale Bedingungen vorhanden sind.

Man darf nur vollkommen saubere Stücke zum Schweißen verwenden, welche so weit wie möglich geschliffen oder mit dem Sandstrahlgebläse behandelt sind.

Die Schweißpunkte.

Die Schweißpunkte müssen im Laboratorium auf mikrographischem Wege untersucht werden, besonders wenn es sich um Stähle mit Kupfer-, Nickel- oder Chromgehalt handelt. Die in der Kontaktzone vorhandenen Verunreinigungen bleiben im geschmolzenen Metall eingeschlossen und konzentrieren sich darin (Fig. 10).

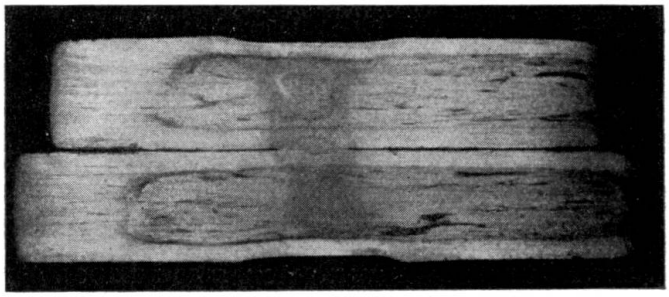
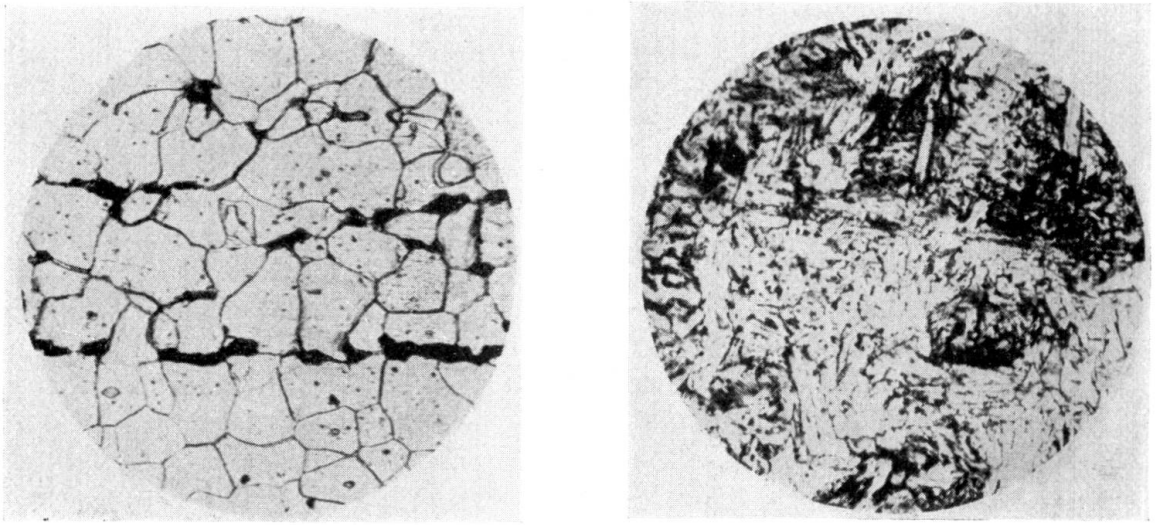


Fig. 10a.
Makrobild eines geschweißten Punktes. Stahl: 42—50.

Prüfungen auf Schubbeanspruchung müssen vorausgehen. Mann kann dann gewiß sein, daß man mit den modernen Geräten, welche mit in Abhängigkeit von der Watt-Leistung arbeitenden Unterbrechern ausgerüstet sind, vollkommen konstante Resultate erzielt; da die Schweißzeit stets verhältnismäßig sehr kurz ist und daher wenig kostet, ist die Anzahl der Schweißpunkte reichlich zu bemessen, damit die Beanspruchung der Schweißpunkte klein wird. Auf Grund der praktischen Ergebnisse konnte festgestellt werden, daß bis zu Blechstärken von 2×10 mm die Sicherheit der Schweißstellen die gleiche ist wie bei Nietverbindungen.



Mutterwerkstoff. Schweißgut.

Fig. 10b.
Mikrobild eines geschweißten Punktes. Stahl 42—50.