

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	86 (1968)
Heft:	24: Zur 3. Internationalen Giesserei-Fachmesse Düsseldorf 20.-26. Juni 1968
Artikel:	Schweissbarkeit von Gusseisen mit Kugelgraphit zu Reparatur- und Produktionszwecken
Autor:	Ridgway, W.F.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-70059

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: 01.02.2026

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

werden als teure Spezialstähle und Sonderlegierungen. Dennoch können auch in Giessereien eine Reihe von Problemen mit geringerem Aufwand und daher wirtschaftlicher mit vakuummetallurgischen Anlagen gelöst werden. Die Vakuumindustrie und nicht zuletzt die vakuummetallurgische Industrie hat sich in den letzten Jahren sprunghaft entwickelt und ist aus dem Stadium des Experimentierens heraus in die Fertigung grosstechnischer Produktionsanlagen hineingewachsen. Hunderten von vakuummetallurgischen Anlagen in der ganzen Welt ist es unter anderem zu verdanken, dass die metallzeugende und -verarbeitende Industrie heute in der Lage ist, auch extreme Forderungen bezüglich Reinheitsgrad und technologischen Eigenschaften der metallischen Werkstoffe zu erfüllen. Die Kosten für die Vakuumerschmelzung konnten in den letzten Jahren um den

Faktor 2 bis 3 gesenkt werden, so dass es heute möglich ist, auch weniger teure Metalle wirtschaftlich einer Vakuumbehandlung zu unterziehen.

Adresse des Verfassers: *H. Vollmer*, dipl. Ing., Chef der metallurgischen Entwicklung, Balzers Aktiengesellschaft für Hochvakuumtechnik und dünne Schichten, FL-9496 Balzers.

Literaturverzeichnis

- [1] «Z. Metallkunde» 21 (1929) S. 12/18
- [2] *B. Lux* und *W. Kurz*: Vakuumschmelzung und -Desoxydation von Gusseisenschmelzen, Battelle Institut Genf. Vortrag auf dem «Congrès International sur les Applications des techniques du vide à la métallurgie», Strasbourg 13. bis 17. Nov. 1967.

Schweißbarkeit von Gusseisen mit Kugelgraphit zu Reparatur- und Produktionszwecken

Von *W. F. Ridgway*, A. I. M., A. M. Inst., W., London; deutsche Fassung von *M. Künzler*, Zürich

DK 539.512:669.131

Einleitung

Durch die neuzeitlichen Entwicklungen auf dem Gebiete der Schweißtechnik wurde der Hersteller von Schweißkonstruktionen in die Lage versetzt, auch bei diesen Fertigungsmethoden aus einer grossen Auswahl ferritischer Werkstoffe den wirtschaftlich günstigsten zu verwenden. Obwohl bei Gusseisen mit Kugelgraphit keine so ausgezeichnete Schweißbarkeit zu erzielen ist, wie bei speziell zu diesem Zweck entwickelten Stählen, ist es doch möglich, durch sorgfältige Auswahl des Schweißverfahrens und des Zusatzwerkstoffes, Schweißverbindungen zu erzielen, die den Anforderungen einer Vielzahl von Verwendungszwecken genügen. Bei einigen Sorten kann sogar die strengste Bedingung erfüllt werden, nämlich jene, die verlangt, dass eine Schweißstelle gleichwertige Eigenschaften aufweisen muss, wie die des zu schweißenden Grundmaterials.

Metallurgische Erwägungen

Die gute Schweißbarkeit von Baustählen, mit denen Gusseisen mit Kugelgraphit oft verglichen wird, ist eine Folge ihres geringen Kohlenstoffgehaltes. In den wärmebeeinflussten Stellen eines geschweißten Stahlteiles finden metallurgische Veränderungen statt, die zu Sprödigkeit führen können. Die Wahl der geeigneten Zusammensetzung sowie die Einhaltung einiger einfacher

Massnahmen, wie zum Beispiel das Vorwärmen der Teile, die Verwendung von Elektroden mit geringer Neigung zu Wasserstoffabscheidung usw., unterbinden hier aber meistens diese Schwierigkeiten. Bei Gusseisen mit Kugelgraphit sind die beim Abkühlen aus der Schweißtemperatur entstehenden metallurgischen Veränderungen auch durch die Anwendung spezieller Verfahren nicht ohne weiteres umkehrbar. Neben dem martensitischen Gefüge, welches sich bei beiden Materialien bildet, entsteht bei Sphäroguss eine eutektische Karbidzone, die sich an der Schmelzgrenze bildet. Entsprechende Messungen an dieser Grenzschicht haben Härtezahlen von 400 bis 700 Hv ergeben, Bild 1. Obwohl dies die Güte des Werkstückes nicht beeinträchtigt, verursacht es doch vielfach erhebliche Schwierigkeiten bei dessen Bearbeitung. Das Glühen nach dem Schweißen kann wohl diese Grenzzone zum Verschwinden bringen, nicht aber dessen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften, da die ursprüngliche Dehnbarkeit nicht vollumfänglich wiederhergestellt werden kann.

Die Bildung der genannten eutektischen Grenzschicht, Bild 2, ist beim Lichtbogen-Schweißverfahren nicht zu vermeiden, wenn die Temperatur des dem Schweißmetall angrenzenden Werkstoffes über die des Eutektikums zu liegen kommt. Das dabei vorhandene Austenit löst die Graphit-Sphärolithen auf und bildet eine kohlenstoffreiche Mischung; die Masse des umliegenden Materials bewirkt dann einen raschen Wärmeentzug, und die Mischung erstarrt in Form hochgekohlten Martensits und freien Karbids. Bei perlitischen Gusseisensorten tritt diese Erscheinung oft noch stärker hervor, weil die Umwandlung in Martensit mit noch höherem Kohlenstoffgehalt leichter erfolgt. Zur Verminderung dieser Schwierigkeiten können die nachstehenden Massnahmen zum Erfolg führen:

1. Die Schweißverbindung ist bei Temperaturen unterhalb des Eutektikums (rund 1100 °C) herzustellen.
2. Die Abkühlungsgeschwindigkeit sollte so weit vermindert werden, dass Gleichgewicht herrscht, d. h. dass die erwärmte Stelle

Bild 2. Gefüge der Schmelzlinie einer Lichtbogenschweissung von Gusseisen mit Kugelgraphit, ohne nachträgliche Wärmebehandlung

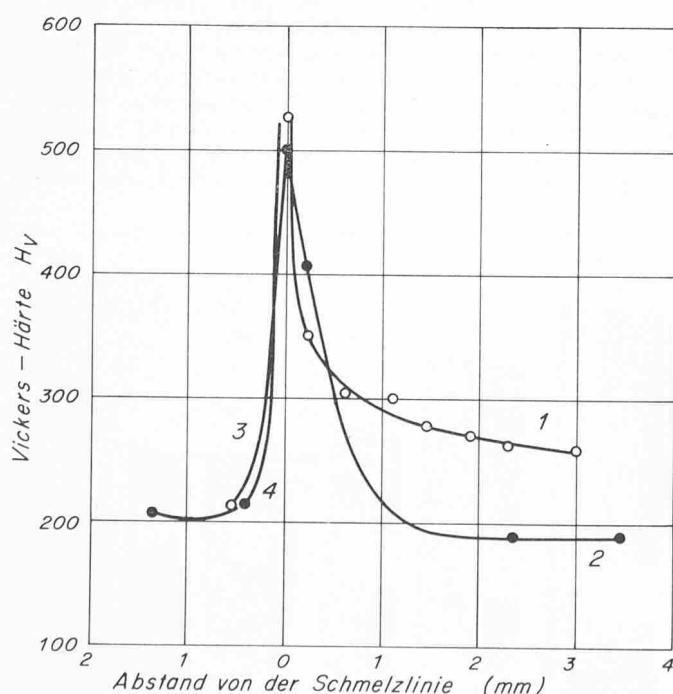


Bild 1. Verlauf der Härte in Funktion des Abstandes von der Schmelzlinie bei einer Schweißnaht an Gusseisen mit Kugelgraphit. Ohne nachträgliche Wärmebehandlung

- 1 Härteverlauf bei perlitischem Gefüge
- 2 Härteverlauf bei ferritischem Gefüge
- 3 und 4 Härteverlauf im Ni-Fe-Zusatzwerkstoff



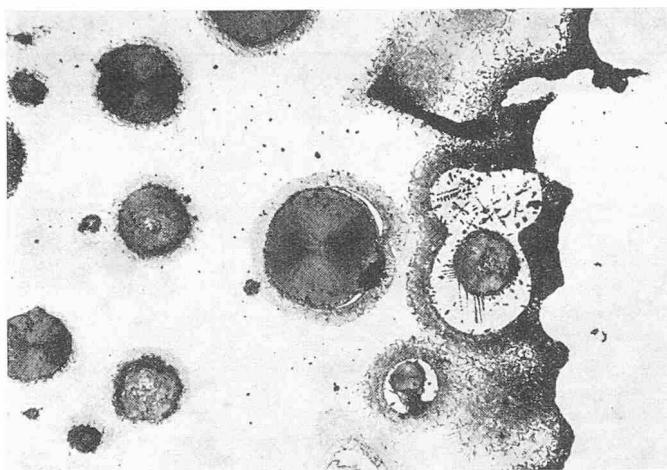


Bild 3. Gefüge einer Kurzlichtbogen-Schweissnaht in ferritisiertem Guss-eisen mit Kugelgraphit. Zusatzwerkstoff: Nickel 61

als Eisen/Graphit abkühlt und sich folglich freier Kohlenstoff ausscheiden kann. Entsprechende Versuche ergaben einen günstigen Bereich der Abkühlungsgeschwindigkeiten zwischen 0,3 und 3,0 °C/s. Die tatsächlichen Abkühlungsgeschwindigkeiten liegen aber bei Metall-Lichtbogenschweisungen von rund 1100 °C eher in der Größenordnung von 300 °C/s, selbst wenn das Grundmaterial auf hohe Vorwärmtemperaturen um 600 °C gebracht wird.

3. Die Zeit, welche für die Auflösung der Graphit-Sphärolithen in Austenit zur Verfügung steht, sollte soweit beschränkt werden, dass freies Karbid nur unmittelbar um die Sphärolithe entstehen kann. Dieses Verfahren, zusammen mit einer beschränkten Auflösung des Grundmaterials, gewährleistet ein günstiges Gefüge bei Kurzlichtbogen-Schweisungen, Bild 3. Bild 4 veranschaulicht Ergebnisse von Härtmessungen im Querschnitt einiger Kurzlichtbogen-Schweissnähte. Daraus ist zu ersehen, dass die Härte im Vergleich zur herkömmlichen Metall-Lichtbogenschweisung bei dieser Methode relativ gering ist.

4. Der Kohlenstoff sollte durch die Zugabe stark karbidbildender Stoffe gebunden werden.

Einer der wichtigsten Faktoren zur Erzielung guter Schweißbarkeit ist die Wahl des geeigneten Schweißzusatzwerkstoffes. Ein billiger und leicht anzubringender Zusatzwerkstoff ist Flussstahl, er entzieht aber dem Gusseisen zu viel Kohlenstoff, was zu Rissbildung beim Abkühlen führt. Brauchbare Schweißverbindungen können hierbei nur durch hohe Vorwärmtemperaturen zwischen 450 und 650 °C, anschließendes sofortiges Glühen aus der Schmelztemperatur und sehr langsames Abkühlen erzielt werden. Dieses Verfahren ist aber schwer zu beherrschen, und die Ergebnisse sind daher ungewiss.

Austenitischer Ni-Cr-Stahl, wie er für das Schweißen hochgekohlten Stahles verwendet wird, schien zu diesem Zweck geeignet zu sein; Untersuchungen des Laboratoriums der International

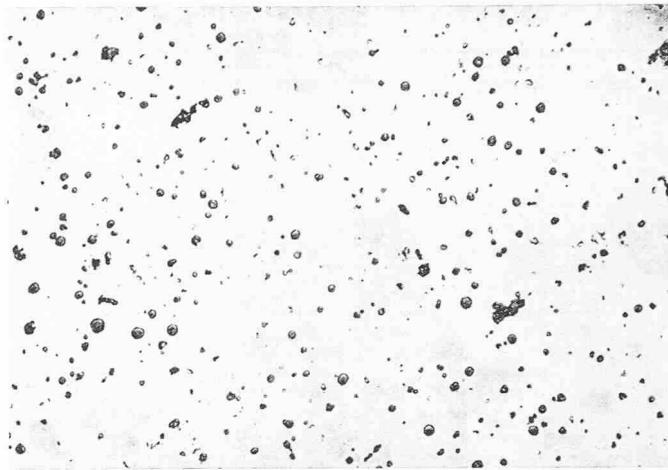


Bild 5. Typisches Gefüge eines Ni-Fe-Schweisszusatzwerkstoffes, ungeätzt

Nickel haben jedoch erwiesen, dass der von diesem Zusatzwerkstoff dem Grundmaterial entzogene Kohlenstoff sich an den Korngrenzen niederschlägt. Dies führt zu einer ungünstigen Gefügestruktur, die infolge Schwindspannungen rissanfällig ist. Es gilt, einen Zusatzwerkstoff zu finden, der Kohlenstoff aufnimmt und ihn in einer Form hält, die die angestrebten Eigenschaften der Schweißverbindung nicht beeinträchtigt. Auch Ni-Fe-, Ni- und Ni-Cu-Legierungen werden zu diesem Zweck verwendet. Bild 5 zeigt das typische Gefüge einer solchen Schweißnaht. Allerdings verursachen kupferhaltige Legierungen beim Schweißen von Guss-eisen mit Kugelgraphit oft Schwierigkeiten, weil sie auf diesem nicht gut fließen.

Beim Schweißen mit Azetylengas werden mit Zusatzwerkstoffen aus Sphäroguss, der mit 5 % Ni und Mg legiert ist, gute Eigenschaften erzielt, besonders nach einer anschliessenden Wärmebehandlung. Elektroden mit bis zu 20 %igem Zusatz von starken Karbidbildern wie Va und Ti wurden ebenfalls verwendet, jedoch neigen diese zu grosser Sprödigkeit.

Schweißverfahren

1. Gasschweißung

Das Azetylen-Sauerstoff-Schweißverfahren wurde oft für die Reparatur von Gusseisen angewandt. Die dem Verfahren eigenen, relativ tiefen Temperaturen sowie die niedrigen Abkühlungsgeschwindigkeiten sind dazu von Vorteil. Gasschweißungen nehmen aber viel Zeit in Anspruch; dieser Umstand und die deshalb auftretenden Verzüge im Werkstück haben dazu beigetragen, dieses Verfahren grösstenteils durch das Lichtbogenschweißen zu ersetzen.

2. Metall-Lichtbogenschweißung

Dieses ist das meistverbreitete und das anpassungsfähigste Schweißverfahren. Unter der Voraussetzung, dass die Stelle zugänglich ist, können Lichtbogenschweißungen an Ort und Stelle

Bild 4. Ergebnisse von Härtmessungen im Querschnitt einiger Kurzlichtbogen-Schweissnähte

a perlitisches Gusseisen mit Kugelgraphit

b perlitisch/ferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit

c ferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit

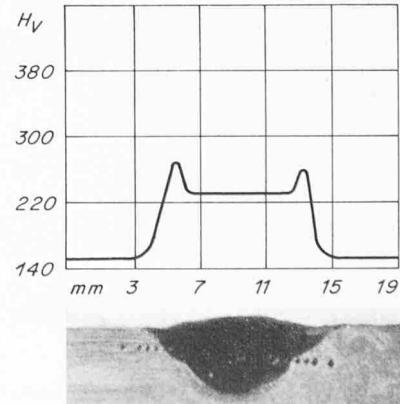
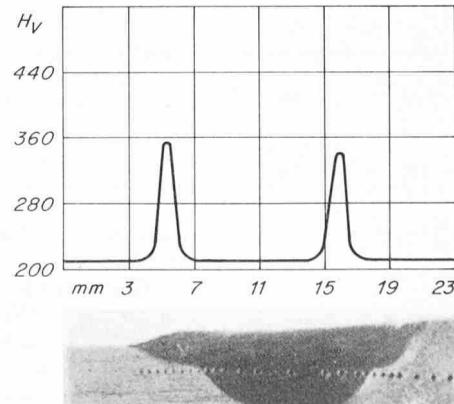
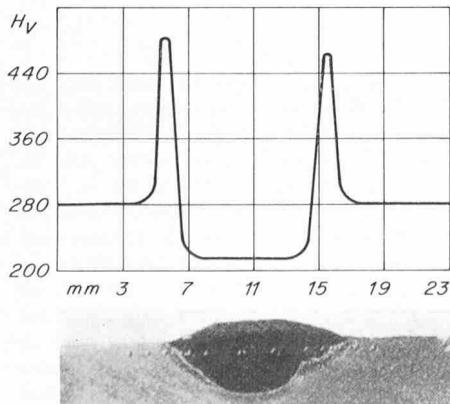


Tabelle 1. Eigenschaften von Stumpfschweissnähten an Sphäroguss nach BS. 2789 mit Elektroden Type Ni 55-Fe

Gussgefüge	Zustand	Festigkeitseigenschaften					Biegeversuch					Vickershärte Hv		
		Streck- grenze kp/mm ²	Zug- festigkeit kp/mm ²	Dehnung in % 51 mm	Ein- schnürg. %	Lage der Bruch- stelle	Lastansatz- stelle	Bruch- last t	Biege- winkel °	Pendelhammer- versuch n. Charpy, Probe ungerbt mfp/cm ² (b. 25°C)	SL	SM	G	
perlitisch	vor dem Schweissen	60,3	69,3	3	0	—	—	3,0/3,0	5/10	1,5/1,4/1,5	—	—	—	
	im Schweiss- zustand	53,5 — 50,2	57,8 46,6 57,3	2 1 1	4 3 3	SL SL/SM SL	Wurzel Wurzel Wurzel	3,0 3,0 —	14 15 —	1,8/1,8 — —	350–535	190	265	
	geschweisst + 3 h 900 °C + 16 h 700 °C	35,6 35,1 34,5	42,7 45,5 39,8	7 12 6	9 15 7	SM G SL/SM	Wurzel Wurzel Wurzel	2,0 2,0 2,0	42 44 38	5,0/5,5 — —	160–185	180	165	
											—	—	—	
ferritisch	vor dem Schweissen	33,4	48,0	18	23	—	—	2,3/2,3	78/80	14,0/14,0	—	—	—	
	im Schweiss- zustand	39,7 37,6	48,0 44,7	4 7	16 11	G SM	Wurzel Nahtfläche	2,0/2,0 1,8/1,8	28/25 23/14	1,9/2,8 —	243–510	205	190	
	geschweisst + 2 h 850 °C + 8 h 700 °C	35,4 27,4	47,7 46,9	6 7	3 3	SL/SM SL/SM	Wurzel Wurzel	1,9 2,0	40 45	5,0/4,6 —	165–175	180	165	
											—	—	—	

SL = Schmelzlinie (Übergang); SM = Schweissmaterial; G = Grundmaterial

und in Positionen durchgeführt werden, welche mit keinem anderen Verfahren möglich wären. Es sind viele Elektrodentypen für das Schweissen von Gusseisen mit Kugelgraphit erhältlich; meistens werden die gleichen wie für Grauguss verwendet. Die gebräuchlichsten Sorten sind jene auf der Basis von Ni oder Ni-Cu, mit welchen leicht zu bearbeitende, weiche Auftragungen guter Dehnbarkeit zu erzielen sind. Für das Schweissen von Gusseisen mit Kugelgraphit wird allgemein die 55-%-Ni-Fe-Elektrode empfohlen. Mit dieser sind auch Festigkeitswerte erreichbar, die dem Grundmaterial entsprechen. In Tabelle 1 sind die mit diesen Elektroden erzielbaren Ergebnisse zusammengestellt. Die hohe Leistungsfähigkeit, wie sie bei Metall-Lichtbogenschweisungen von Gusseisen mit Kugelgraphit üblich ist, kann besonders bei ungeübtem Personal Schwierigkeiten verursachen. Die Schweissnähte werden zu breit und weisen harte, hitzebeeinflusste Stellen auf, die schlecht zu bearbeiten sind. Dort, wo gehobene Qualität gefordert wird, ist zu empfehlen, die Schweissung vor der Wärmebehandlung durchzuführen. Die perlitzischen Sorten müssen besonders sorgfältig geschweisst werden; Vorwärmung auf 300 °C ist zu empfehlen; die Arbeit sollte so ausgeführt werden, dass Spannungen vermieden werden. Die Abkühlungsgeschwindigkeit muss möglichst niedrig sein.

Bei jenen Fehlern, die erst bei der Bearbeitung bemerkt werden und die repariert werden sollen, verursacht das Schweissen grosse Schwierigkeiten, denn allfällige Verformungen können selten durch weitere Bearbeitung ausgeglichen werden. Ausserdem

ist es nicht möglich, die harten Stellen durch eine Wärmebehandlung zu entfernen.

Bei der Herstellung von Schweisselektroden sind mehrere Methoden gebräuchlich, um die Bildung harter Stellen zu vermeiden. Eine davon ist die Herabsetzung der Elektroden-Schmelztemperatur und die Beschränkung der aufgelösten Menge Grundmaterial. Die Lichtbogeneigenschaften einer Elektrode können durch Änderung der Zusammensetzung sowohl des Drahtkernes als auch des Überzuges beeinflusst werden. Auf diese Weise werden Elektroden entwickelt, die einen «weichen», wenig durchdringenden Lichtbogen ergeben. Solche Überzüge können auf Drahtkerne mit einem Schmelzpunkt unter 1100 °C angebracht werden und ergeben gute Verbündungen, ohne Karbideutektikum zu bilden. In einem kürzlich erschienenen Bericht [3] werden Mikrophotographien einer karbidfreien, durch Schweissen wärmebeeinflussten Stelle in Grauguss gezeigt, ohne jedoch näher auf die Eigenschaften und Zusammensetzung der verwendeten Elektroden einzugehen.

Die nötigen Vorbereitungen für das Metall-Lichtbogenschweissen wurden bereits von britischen und amerikanischen Körperschaften zutreffend beschrieben [4], [5]. Grundsätzlich müssen die fehlerhaften und porösen Stellen sowie die Sandeinschlüsse vollständig entfernt werden, wenn man Gussfehler nicht durch Schweissfehler ersetzen will. Bei der sorgfältigen Säuberung der zu schweisenden Stelle muss auch die Guss haut entfernt werden. Im Falle der Produktionsschweissung ist für gute Zugänglichkeit zu sorgen. Die V-Nähte sollten einen Winkel von 50 bis 70° aufweisen. Für dicke Querschnitte können U-Nähte mit Flankenwinkel zwischen 15 und 25° und gross bemessene Wurzelradien vorgesehen werden. Dort, wo es möglich ist, sollte den X- und den doppelten U-Nähten der Vorzug eingeräumt werden, da diese weniger Verzug und eine ausgewogene Schweissung ergeben.

3. Pulverschweissung

Das Pulver-Schweissverfahren stellt eine Methode dar, um die Temperatur des Grundwerkstoffes zu begrenzen und eine gute Verbindung zu erzielen. Dies ist den guten Schmelz- und Fließeigenschaften des Schweißmetalles zuzuschreiben. Die zu diesem Zweck erforderliche Einrichtung ist einfach und im Vergleich zu den Lichtbogen-Schweissgeräten billig. Sie besteht aus einem Azetylen-Sauerstoff-Brenner, der mit einem Trichter versehen ist, wodurch das Schweißpulver in verstellbarer Menge in den Gasstrom fliesst. Das Schweißpulver schmilzt in der Flamme und gelangt in flüssigem Zustand in Form feiner Tröpfchen auf das vorgewärmte Grundmaterial, wo eine Diffusionsverbindung stattfindet. Die gebräuchlichen Schweißpulver enthalten über 90 % Ni mit Zugaben von Cr-Si-B oder Si-B und ergeben

Tabelle 2. Eigenschaften von Pulver-Schweissnähten aus Ni-Pulvern

Zustand des Grund- werkstoffes	Zug- festigkeit kp/mm ²	Dehnung in % 51 mm	Lage der Bruch- stelle	Härte Hv 30		
SL	SM	G				
perlitzisch, ungeschweisst	78,7	5	—	—	280–304	
perlitzisch, im Schweiss- zustand	55,3 45,8	1 1	SL/SM	360–410 350–380	290–304	
ferritisch, ungeschweisst	42,4	25	—	—	148	
ferritisch, im Schweiss- zustand	35,7 36,6 42,2	1,5 3,5 4,5	SL/SM	235–245 210–230	148	

SL = Schmelzlinie; SM = Schweissmaterial; G = Grundmaterial

Tabelle 3. Eigenschaften von Kurzlichtbogen-Schweissnähten

Zugfestigkeitseigenschaften¹⁾ quer zur Naht bei 25,4 mm dicken Platten

Platte	Schweisszusatzwerkstoff	0,2-Dehnungsgrenze kp/mm ²	Zugfestigkeit kp/mm ²	Dehnung in %	Messlänge 51mm	Lage der Bruchstelle 13mm
Gusseisen mit Kugelgraphit, perlitisch (Gusszustand)	ungegeschweisst	39-47	63-79	1,3	—	—
	Nickel 61	36,5	53,2	3,0	—	SL und WS
		36,5	58,9	4,0	—	SL und WS
	Monel 60	35,3	50,9	3,0	12,0	SL
		—	50,1	2,0	—	SL und WS
Gusseisen mit Kugelgraphit, ferritisiert	Nilo-Leg. 55	34,8	43,5	4,5	14,0	SM und SL
		34,3	43,2	7,0	16,0	SM und SL
	Monel 60	30,9	42,5	12,5	—	ausserh. d. Naht
		30,2	42,5	14,0	—	ausserh. d. Naht
		30,7	40,9	7,5	6,0	SL und SM
		31,2	42,5	6,0	4,0	SL und SM
		31,5	35,4	3,5	2,0	SL und SM
	Nilo-Leg. 55	30,2	42,0	12,0	12,0	SL und SM
		30,9	41,9	13,5	18,0	SL und SM

Biegeeigenschaften quer zur Schweissnaht; Gusseisen mit Kugelgraphit, ferritisch

Schweisszusatzwerkstoff	Strom A	Lichtbogenspannung V	Drahtzuführgeschwindigkeit m/min ³)	Wärmebehandlung nach dem Schweißen	Biegewinkel	Bruchstelle
					Bruchwinkel ° ²⁾	Bruchstelle
Nickel 61	130	20	9,1	Schweißzustand	35	Beginn: Schmelzlinie, weiter ins GM
				2 h 600°C, Luftkühlung	90	Beginn: Schmelzlinie, weiter ins GM
Monel 60	135	21	9,9	Schweißzustand	55	Beginn: Schmelzlinie, weiter ins GM
				2 h 600°C, Luftkühlung	180	leichte Risse an SL
Nilo-Leg. 55	125	20-21	8,4	Schweißzustand	45	SM und GM
				2 h 600°C, Luftkühlung	25	Beginn: Schmelzlinie, weiter ins GM

¹⁾ Zugproben 14,3 mm Durchmesser, 80 mm parallel.²⁾ Prüfung über Dorn 51 mm Durchmesser, Probendicke 13 mm.³⁾ Argon-Verbrauch 0,7 m³/h; keine Vorwärmung; 9 Schweißlagen.

SL = Schmelzlinie; WS = Wärmebeeinflusste Stelle; GM = Grundmaterial.

Schweissungen mit annehmbarer Festigkeit und gut passender Farbe. Obwohl bereits Stumpfschweissungen mit diesem Verfahren ausgeführt wurden, wird es üblicherweise nur für Reparaturen angewendet. Tabelle 2 unterrichtet über die Eigenschaften von Pulverschweissungen [6].

4. Kurzlichtbogen-Schweissung

Die Anwendung dieses Verfahrens bei Gusseisen mit Kugelgraphit unter Verwendung von Ni-Füllmaterialien und unter Argon-Schutzgas wurde erstmals von J. Osman und N. Stephenson beschrieben [7]. Das Verfahren war bereits bekannt und wurde wegen der hohen Abkühlungsgeschwindigkeit mit Vorteil für das Schweissen von Ni-Legierungen, besonders von luftgehärteten Sorten, angewendet. Osman und Stephenson wollten mit dem kleinen Leistungsbedarf des Verfahrens und der sich daraus ergebenden geringen Schmelzone eine Verkleinerung der hitzebeeinflussten Zone an Schweissstellen bei Gusseisen mit Kugelgraphit erzielen. Versuche bestätigten diese Annahme: nicht nur war die Breite der hitzebeeinflussten Stelle zehnmal kleiner als

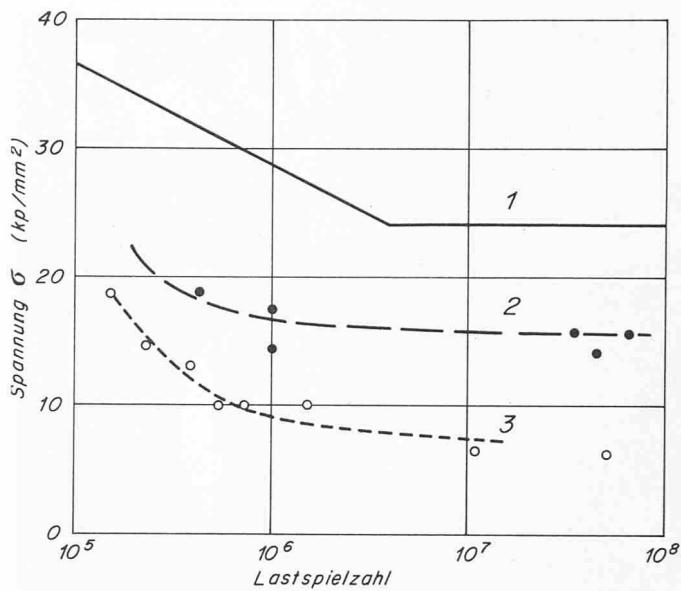


Bild 6. Dauerfestigkeitsschaubild von Gusseisen mit Kugelgraphit

1 in ungeschweisstem Zustand

2 geschweisst nach dem Kurzlichtbogen-Verfahren

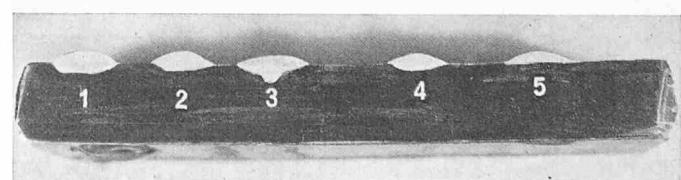
3 geschweisst nach dem Metall-Lichtbogen-Verfahren

bei Lichtbogenschweisungen, sondern sie stellten auch fest, dass die darin enthaltenen Karbide nicht zusammenhängend waren. Die Karbidbildung beschränkte sich auf Stellen unmittelbar um die Graphit-Sphärolithen herum. Diese Erscheinung wird der kurzen Zeit zugeschrieben, welche bei diesem Verfahren für die Diffusion zwischen dem sich bildenden Austenit und dem vorhandenen Graphit verstreicht. Die erzielten Werte der Zugfestigkeit entsprachen, auch ohne nachträgliche Wärmebehandlung, denen des Grundmaterials; ebenfalls war die Dauerfestigkeit besser als bei Lichtbogenschweisungen, Bild 6. Das Verfahren gestattet eine derart präzise Regelung, dass Schweissungen an bearbeiteten Werkstücken nur ein leichtes Schleifen benötigen, um ihr Aussehen wieder herzustellen [8]. Ein weiteres nützliches Anwendungsgebiet dieser Methode sind die Schweissverbindungen zwischen Flussstahl und Gusseisen mit Kugelgraphit. Tabelle 3 enthält die Eigenschaften von Kurzlichtbogen-Schweissungen. Daraus ist ersichtlich, dass gute Dehnungswerte in Schweissungen ferritischer Strukturen ohne anschliessender Wärmebehandlung zu erzielen sind.

Das Kurzlichtbogen-Schweissverfahren – oder besser das Kurzschluss-Lichtbogen-Schutzgas-Schweissverfahren – verlangt nach Energiequellen besonderer Art, bei welchen das Verhältnis Spannung : Strom am Ausgang praktisch konstant ist. Als Schweisselektrode dient ein dünner Draht von etwa 0,75 mm Durchmesser, der von einer Spule kontinuierlich unter Argon-Schutzgas in den Lichtbogen geführt wird. Dort bildet jedes Tröpfchen einen Kurzschluss zwischen Draht und Werkstück. Dadurch entsteht eine intermittierende Metallabgabe an die

Bild 7. Eindringung von mittels verschiedener Verfahren auf Fluss-Stahl aufgebrachten Schmelzbäder aus Ni-Schweissmaterialien

- Metall-Lichtbogen, umhüllte Nickel-141-Elektrode, 4,2 mm Durchmesser, Schweissstrom 130 A
- Metall-Lichtbogen, umhüllte Nickel-131-Elektrode 4,2 m, Strom 130 A
- Metall-Lichtbogen, 1,6-mm-Draht aus Nickel-61-Zusatzwerkstoff, Strom 330 A, Sprühaufragung
- Metall-Lichtbogen, 1,6-mm-Draht aus Nickel-61-Zusatzwerkstoff, Strom 285 A, Tröpfchenauftragung
- Dünner Draht (0,75 mm) aus Nickel-61-Zusatzwerkstoff, Strom 150 A



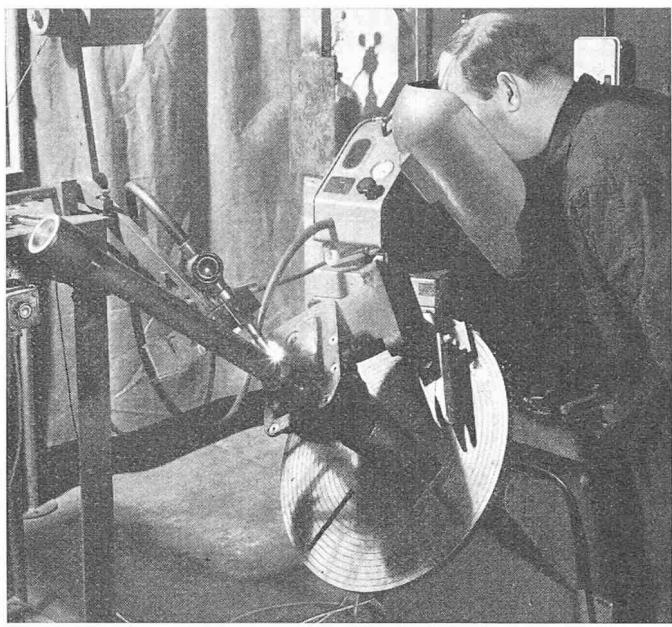


Bild 8. Automatisches Schweißen eines Stahl-Führungsrohres an einem Lenkgehäuse aus Gusseisen mit Kugelgraphit. Werkbild Burmann & Sons Ltd., Birmingham

Tabelle 4. Stumpfnähte an Platten aus Gusseisen mit Kugelgraphit. Daten des Kurzlichtbogen-Verfahrens

Platte	Schweisszusatzwerkstoff	Strom A	Bogen- spannung V	Drahtgeschwindigkeit m/min
Gusseisen mit Kugelgraphit, perlitisch und ferritisch, 25 u. 13 mm dick	Nickel 61 Monel 60 Nilo-Leg. 55	150 145–150 140	22 22–21 23	8,9 8,0–8,4 9,7

Weitere Schweissbedingungen:

- Platte 25 mm X-Naht, Öffnungswinkel 80°; Wurzelsteg 1,6 mm; Wurzelpalt 2,4 mm. Platten nicht eingespannt. Argon-Verbrauch 0,76 m³/h; 26 Schweisslagen. Höchsttemp. zwischen den Schweisslagen 120 °C.
- Platte 13 mm Halbe V-Naht, Öffnungswinkel 40°; Wurzelsteg 1,6 mm; Wurzelpalt 3 mm. Platten eingespannt. Argon-Verbrauch 0,75 m³/h; 4 Schweisslagen; Höchsttemp. zwischen den Schweisslagen 120 °C.

Schweissstelle. Die Kurzschlussfrequenz liegt bei dünnem Ni-Draht bei etwa 100 bis 160 in der Sekunde. Die Zufuhrgeschwindigkeit eines Schweissdrähtes von 0,75 mm beträgt bei Strömen von 140 bis 160 A und Spannungen von 21 bis 22 V rund 8,90 bis 11,40 m/min. Die Haupteigenschaften des Verfahrens sind: niedriger

Bild 9. Maschinengestell aus Stahl mit aufgeschweisster Platte aus Gusseisen mit Kugelgraphit

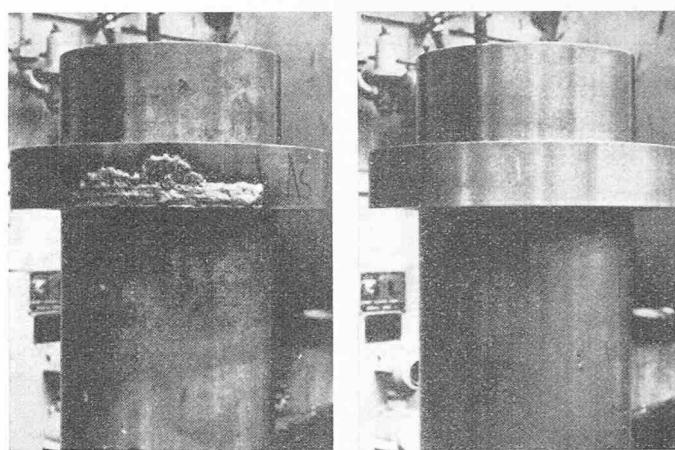
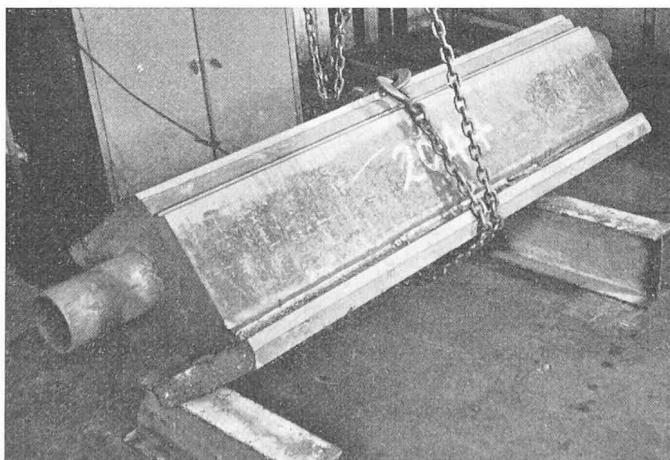


Bild 10. Ansichten einer Büchse aus Gusseisen mit Kugelgraphit mit Reparaturschweißung am Flansch. Links nach dem Schweißen, rechts nach dem Bearbeiten

Leistungsbedarf, kleines, leicht zu beherrschendes Schmelzbad und geringe Auflösung des Grundmaterials. Dies ist in Bild 7 gut ersichtlich; dort werden Querschnitte durch Schweissungen veranschaulicht, die mit verschiedenen Verfahren hergestellt wurden. Die Verwendung des Kurzlichtbogen-Verfahrens für das Schweissen von Ni-Legierungen wurde bereits von P. Hancock und Mitarbeitern [9] sowie von D. J. Heath und D. R. Thorneycroft [10] beschrieben. Tabelle 4 zeigt typische Merkmale des Kurzlichtbogen-Verfahrens beim Schweissen von Gusseisen mit Kugelgraphit. Die bestgeeignete Schweisstechnik besteht in der Durchführung schneller Pendelbewegungen mit der Schweisspistole von einer Seite der Schweissnaht zur anderen, mit einem kurzen Haltepunkt am Ende jeder Bewegung. Die Breite dieses Pendelns ist auf etwa 6,5 bis 9,5 mm beschränkt. Die Temperatur beim Auftragen der Schweisslagen sollte so niedrig wie möglich sein; durch versetztes Schweissen können Wärmefestigkeit und Verzug noch weiter verminder werden.

Unter normalen Bedingungen können etwa 1,4 bis 1,8 kg Metall pro Stunde aufgetragen werden. Dies entspricht, bei 0,75-mm-Draht und einer Zufuhrgeschwindigkeit von 11,4 m/min, einer Auftragsmenge von rund 4,1 cm³/min. Die grosse Auftragsgeschwindigkeit und die Tatsache, dass keine Schlacke zwischen den einzelnen Schweisslagen entfernt werden muss, lassen erkennen, dass dieses ein schnelles Schweissverfahren ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass im Gegensatz zum herkömmlichen Lichtbogenschweissen weder durch Schlackenbildung noch durch die Elektrodenstummel Verluste entstehen. Ohne Berücksichtigung der Anschaffungskosten für die Anlage ist dieses Verfahren daher relativ billig. Es vereint praktische und wirtschaftliche Vorteile und liefert Schweissungen mit guten metallurgischen Eigenschaften.

Bild 11. Produktions schweissung eines Stahleinsatzes in einen Teil aus Gusseisen mit Kugelgraphit nach dem Kurzlichtbogen-Verfahren

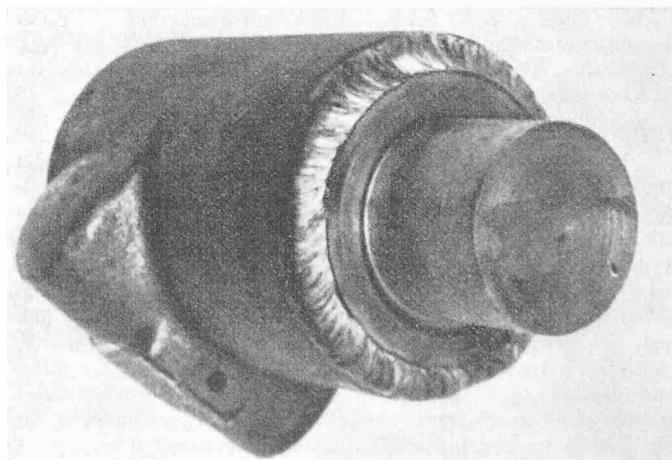
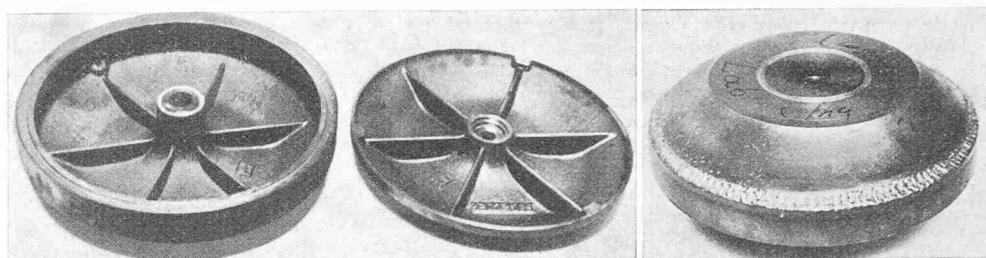


Bild 12. Produktionsschweißung eines zweiteiligen Kolbens nach dem Kurzlichtbogen-Verfahren. Links Einzelteile, rechts geschweißter Kolben



Anwendungen

Gusseisen wird schon seit vielen Jahren geschweißt, allerdings nur, um die Lebensdauer eines Teiles nach einem Versagen zu verlängern, oder um Gussfehler auszubessern. Diese Schweißungen werden auch selten hohen Beanspruchungen ausgesetzt, und die durch das Schweissen entstandene Sprödigkeit fällt beim ohnehin schon spröden Grundmaterial kaum ins Gewicht. Gusseisen mit Kugelgraphit wird dagegen allgemein mit Stahlguss verglichen, und die Sprödigkeit einer Schweißstelle wirkt sich daher nachteilig aus. Trotzdem wurde das Schweissen dieses Werkstoffes in vielen Fällen mit Vorteil angewendet [11].

Ni-Fe-Elektroden sind gut geeignet sowohl für Reparaturen als auch für Produktionsschweißungen, besonders dort, wo Gusseisen mit Kugelgraphit mit Flüssstahl verbunden werden muss. Obwohl die harte Karbid-Grenzsicht im Eisen vorhanden ist, können die Schrumpfspannungen doch vom Stahl und vom Schweißmaterial infolge ihrer niedrigeren Streckengrenzen aufgenommen werden. Füsse für Fülltrichter, elektrische Anschlusskästen, auf Rahmen aus Kohlenstoffstahl geschweißte Rüttelroste für Giessereien usw. sind typische Beispiele solcher Schweißkonstruktionen.

Das Kurzlichtbogen-Schweißverfahren hat aber auch viele andere Anwendungsgebiete erobert, wo an die metallurgischen Eigenschaften höhere Ansprüche gestellt werden. Einige Beispiele sollen dies veranschaulichen.

1. Herstellung von Lenkgehäusen

Bild 8 veranschaulicht ein Lenkgehäuse aus Gusseisen mit Kugelgraphit nach der britischen Norm BS 2789 : 27/12, an welchem ein Führungsrohr aus Stahl angeschweißt wird. Durch Bohrungen am Gehäuse wurden die Teile mittels Warzenschweißungen zusammengeheftet. Obwohl die an die Verbindung gestellten Festigkeitsanforderungen ohne weiteres ein herkömmliches Lichtbogen-Schweißverfahren zugelassen hätte, sah sich die Firma infolge Personalmangels gezwungen, das Schweissen automatisch durchzuführen. Ein Vorteil des Kurzlichtbogen-Verfahrens besteht, wie Bild 8 zeigt, darin, dass es zu Produktionszwecken automatisiert werden kann und dennoch optimale metallurgische Eigenschaften liefert. Nach anfänglichen Schwierigkeiten mit der Anlage stellt die Firma 300 Stück solcher Gehäuse pro Woche her.

2. Maschinengestell

Dieses Beispiel, obwohl noch nicht serienmäßig produziert, wird erwähnt, um die Größe der schweißbaren Teile zu veran-

Tabelle 5. Schweißbedingungen für das Maschinengestell nach Bild 9

Schweißdraht	Nickel 61
Schweißdraht-Ø	0,75 mm
Lichtbogenspannung	21 V
Schweiß-Strom	150 A
Drahtgeschwindigkeit	10,6 m/min
Argon-Verbrauch	0,85 m ³ /h

Tabelle 6. Schweißbedingungen für Stumpfnähte an Rohre

Werkstoff:	Gusseisen mit Kugelgraphit, ferritisch, geschleudert, 6,4 mm Wandstärke
Vorbereitungen:	V-Naht; Öffnungswinkel 80°; Wurzelsteg 1,6 mm; Wurzelspalt 1,6 mm
Schweißdaten: fallend mit Monel 60	Strom 150 A; Lichtbogenspannung 21 V; Drahtgeschwindigkeit 10,6 m/min
steigend mit Nickel 61	Strom 100 A; Lichtbogenspannung 19 V; Drahtgeschwindigkeit 4,3 m/min

schaulichen. Es musste eine Sphärogussplatte von etwa 1350 × 380 × 63,5 mm auf einen Stahlkasten mit den Abmessungen 1370 × 356 mm aufgeschweißt werden, Bild 9. Die Stärke der Stahlwände betrug 25 bzw. 38 mm. Die ersten Versuche verliefen erfolglos, infolge Rissbildung an der Gusseisenplatte, deren Ursachen im perlitischen Gefüge lagen. Nachdem Versuche mit kleineren, ferritischen Platten und Schweißdaten nach Tabelle 5 erfolgversprechend verliefen, wurden neue Abgüsse mit reinem ferritischem Gefüge in der ursprünglichen Grösse angefertigt und mit vollem Erfolg geschweißt. Das Gesamtgewicht dieses Teiles beträgt rund 750 kg, und die Schweißarbeiten nahmen etwa zwei Tage in Anspruch.

3. Rohrschweißung

In Zusammenarbeit mit einem Hersteller von Schleudergrusrohren aus Gusseisen mit Kugelgraphit wurden Stumpfschweißungen entwickelt, die einem Druck von 70,3 kp/cm² standhalten. Anfänglich wurden bei der Prüfung Poren festgestellt, deren Ursachen in der Gusshaut lagen. Als diese etwa 6 mm beidseits der Schweißnaht entfernt wurde, waren die Schwierigkeiten behoben. Aus Tabelle 6 sind die Daten dieser Schweißungen zu ersehen. Die Wurzel-Schweißlagen wurden sowohl steigend mit Nickel-61- als auch fallend mit «Monel»-60-Füllmaterialien angebracht. Die Dichtheitsprüfungen zeigten jedoch, dass die Fallnahtschweißung mit «Monel» 60 besser geeignet ist.

4. Anwendungen in einer Grossgiesserei

Die Bilder 10 bis 12 zeigen verschiedene Anwendungen des Kurzlichtbogen-Schweißverfahrens in einer grossen Giesserei. Sie stammen aus einer noch unveröffentlichten Arbeit von S. A. Froberg, «Kurzlichtbogen-Schweißungen an Gusseisen mit Kugelgraphit in den SKF-Katrineholm-Werken».

Zusammenfassung

Es wird gezeigt, wie die Schweißbarkeit von Gusseisen mit Kugelgraphit verbessert werden kann, und es werden einige Anwendungsbeispiele solcher Schweißkonstruktionen beschrieben. Dabei werden nur perlitische und ferritische Sorten berücksichtigt, weil die nadelförmigen Typen ohnehin als nicht schweißbar gelten, infolge ihrer niedrigen Beständigkeit gegenüber Wärmestößen. Obwohl die austenitischen Sorten keine Schwierigkeiten mit der Bildung von Karbideutektikum verursachen, neigen sie doch zu Rissbildung an den Korngrenzen. Es hat sich herausgestellt, dass diese Risse in grossem Masse durch die Mg-, Si- und P-Zusätze in den stark verbreiteten Ni-Resist-D-2-Sorten beeinflusst werden. Zufriedenstellende Schweißungen werden erzielt, wenn diese Elemente unter 0,06, 1,5 bzw. 0,03 % gehalten werden. Es werden weiterhin Möglichkeiten erforscht, um auch die anderen Sorten D-2C und D-2M schweißen zu können. In den USA wurde von der International Nickel eine Spezialelektrode vom Typ 20 % Ni-Fe-Mg entwickelt, deren Erstarrungskennlinie genau mit der des Grundwerkstoffes übereinstimmt. Dadurch konnte die Neigung zur Rissbildung weitgehend verminder werden.

Diese beiden Arbeiten werden erwähnt, um die Richtungen zu zeigen, in welchen die Forschung weitergeht. Trotzdem sollten die sich verbreitende Anwendung des Kurzlichtbogen-Verfahrens, der veredelten Lichtbogen-Schweißelektrode sowie des Pulverschweißverfahrens die Verwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Sorten von Gusseisen mit Kugelgraphit noch vermehren.

Adresse des Verfassers: W. F. Ridgway, A. I. M., A. M. Inst., W., International Nickel Limited, London.

Literaturverzeichnis

- [1] Ruge, J., Hildebrandt, P. und Keinert, W.: The Welding of Nodular Cast Iron; «Schweißen und Schneiden» 1 (1965), S. 229–304.

- [2] Dixon, R. H. T. und Thorneycroft, D. R.: Filler-rod for the Gas Welding of S. G. Iron; «*Foundry Trade J.*» 108 (1960), S. 583–589.
- [3] Barker, J. W.: Weld Repair of Erosion on Marine Turbine Casings: Proc. Inst. Weld. Autumn Meeting 1967, Preprint no. 15, 5 pp.
- [4] Code of Practice for the Repair and Reclamation of Grey-Iron Castings by Welding and Allied Methods; Proc. Br. Foundrymen 43 (1950), A 114 – A 122.
- [5] Recommended Practices for Salvaging Automotive Gray Iron Cast. by Weld. (Tentative); Am. Weld. Soc. Designation D 8.3–50T, 1950, 17 pp.
- [6] Westwood, C. G. und Lamb, A. D.: Powder Welding – a Development in the Welding of Cast Irons; Dewart Alloys reprint of BCIRA Rep. no. 841, 1966, 22 pp.
- [7] Osman, J und Stephenson, N.: Further Aspects of the Welding of S. G. Iron; Proc. 2nd. Commonwealth Weld. Conf., 1965, S. 199–208.
- [8] Froberg, S. A.: Short-arc Welding of S. G. Iron at the SKF Katrineholm Works. Noch nicht veröffentlicht.
- [9] Hancock, P., Heath, D. J. und Stephenson, N.: Fine-wire Welding of Some Nickel Alloys; «*Weld. and Metal Fabrication*» 31 (1963), S. 20–28
- [10] Heath, D. J. und Thorneycroft, D. R.: Practical Aspects of Fine-Wire Welding of Nickel Alloys; «*Br. Weld. J.*» 11 (1964), S. 202–208.
- [11] S. G. Iron: Welding; International Nickel Ltd., Publ. 2496a, 1966, Oct., 24 pp.

Wettbewerbe

Katholisches Kirchenzentrum St. Johannes in Zug (1967, H. 43, S. 787). 64 Entwürfe wurden rechtzeitig eingereicht. Ergebnis:

- 1. Preis (7000 Fr.) mit Empfehlung zur Weiterbearbeitung) Leo Hafner, Alfons Wiederkehr, Zug, Mitarbeiter A. Losego, F. Staffelbach
- 2. Preis (5500 Fr.) Hanns A. Brütsch, Zug, Mitarbeiter Carl Notter
- 3. Preis (4000 Fr.) Rudolf Mathys, Zürich
- 4. Preis (3500 Fr.) Dr. J. Dahinden, Zürich
- Ankauf (1250 Fr.) Fritz Hodel, Kriens, Mitarbeiter Bruno Scheuner
- Ankauf (1250 Fr.) Chris Derungs, Ruedi Achleitner, Menzingen, Mitarbeiter E. Schmid
- Ankauf (500 Fr.) Thomas Boga, Zürich, Mitarbeiter K. Bernath, B. Birchmeier

Die Projekte werden bis 18. Juni in der Curlinghalle der Kunsteisbahn ausgestellt. Öffnungszeiten: werktags 17 bis 21.30 h, Samstag und Sonntag 10 bis 12 und 14 bis 17 h.

Mitteilungen aus dem SIA

Sektion Bern

Exkursion Bernische Amtsbezirke vom 22. Juni 1968 mit Damen

Abfahrt mit Cars ab Bern 8.30 h. Besichtigung Schloss und Amtshaus Wimmis, Besichtigung des Amtssitzes Schloss Interlaken. 2 Stunden Kreuzfahrt auf dem Thunersee von Interlaken bis Thun, mit Mittagessen und Tranksame an Bord. Besichtigung Schloss Thun, eventuell Museum und Rathaus. Fakultativer Abendschoppen im Chutzturm mit anschliessendem Höck und kleinem Nachtessen (zirka Fr. 15.—, Teilnehmerzahl beschränkt, in der Reihenfolge der Anmeldung). Rückfahrt nach Bern, Ankunft 18 h. Kosten pro Person Fr. 25.— einschl. Bedienung aber ohne Getränke. Anmeldung bis 14. Juni an Sekretariat SIA, 3000 Bern, Postfach 2149.

Fachgruppe der Ingenieure der Industrie, Sektion Zürich

Der Diskussionsabend vom Montag, 17. Juni 1968, 20.15 h, im Restaurant Palmhof, Universitätstrasse 23, veranstaltet mit dem Akademischen Ingenieur-Verein ETH, ist dem Thema «Der Bauingenieur in Praxis und Industrie» gewidmet. Im ersten Teil des Abends werden drei erfahrene Ingenieure von ihren Erlebnissen in der Praxis und den daraus entstandenen Erkenntnissen erzählen. Der zweite Teil soll der freien Diskussion aller jener Probleme dienen, die sich dem zukünftigen Bauingenieur vor dem Eintritt ins Berufsleben stellen. Wir bitten sowohl unsere Kollegen vom Poly wie auch alle FII-Mitglieder, dieses Gespräch durch eine rege und aktive Teilnahme zu bereichern. M. A. Borel

Ankündigungen

XI. Internat. Kongress für Photogrammetrie (IGP), Lausanne 1968

In den vier Jahren seit dem X. Internat. Kongress für Photogrammetrie in Lissabon haben Wissenschaft, Technik und Anwendung der Photogrammetrie weitere und wichtige Entwicklungen erfahren. Dies wird der XI. Kongress, verbunden mit der XI. Internat.

Ausstellung für Photogrammetrie, vom 8. bis 20 Juli zum Ausdruck bringen. Das in Lausanne dem Kongress zur Verfügung stehende Palais de Beaulieu vereinigt unter einem Dach alle Räume, die der Kongress braucht: einen grossen Theatersaal für Vollversammlungen, Säle verschiedener Grösse für Kommissionssitzungen, einen Kino-saal mit modernen technischen Einrichtungen, grosse Ausstellungshallen und die kongresstechnischen Sonderräume für Spezialdienste. Eine Durchführungsorganisation unter der Leitung des Kongressdirektors, Prof. Dr. W. Bachmann, Institut de Photogrammétrie de l'EPUL, widmet sich schon seit drei Jahren den Vorbereitungsarbeiten. Das Kongressprogramm orientiert über die Kongressthemen der 7 technischen Kommissionen und ihrer Arbeitsgruppen, nennt die ausgewählten Berichterstatter, zeigt den Kongressstundenplan der Kommissionen und ordnet alle weiteren Kongressveranstaltungen ein, wie Delegierten- und Vollversammlungen, Sitzungen des Vorstandes der internat. Gesellschaft für Photogrammetrie, Ausstellungsbesuche, technische und touristische Exkursionen, Damenveranstaltungen und anderes mehr.

Die Kongressbeiträge wurden schon Monate vor dem Kongress den Interessenten zugänglich gemacht. Sie werden am Kongress kurz kommentiert und gründlich diskutiert. Das Ziel ist einmal mehr die Kürzung der langen Reihe von Kongressvorträgen und Monologen zu Gunsten einer wissenschaftlich vertieften Aussprache unter zuständigen Fachleuten, die Beschränkung der Breite zugunsten der Tiefe. Man erwartet über 1000 Kongressteilnehmer aus aller Welt. Präsident der Internat. Gesellschaft für Photogrammetrie ist zur Zeit unser altbewährter Kollege Dr. h.c. H. Härry, Bern.

Fachmesse für Strassen-Signalisation, -Beleuchtung und -Sicherheit

Zweifellos entspricht diese vom 15. bis 23. Juni 1968 unter der Bezeichnung «Sigfa 68» im «Zürich-Tor» in Spreitenbach erstmals zur Durchführung kommende Fachmesse einem Bedürfnis, haben sich doch rund 40 Aussteller aus dem In- und Ausland angemeldet. Neben bewährten Einrichtungen werden zahlreiche und verbesserte Apparate und Geräte gezeigt. Naturgemäß richtet sich die Messe in erster Linie an Verwaltungen und Fachleute des Strassenbaues und der Verkehrssicherheit. Aber auch jeder Verkehrsteilnehmer ist daran interessiert, was für seine Sicherheit im stetig zunehmenden Strassenverkehr getan werden kann. Die Schau ist täglich von 9 bis 18 h geöffnet. Weitere Auskunft gibt die Fachmessen AG Zürich-Tor, 8957 Spreitenbach, Tel. 056 / 3 60 61.

27. Schweizerische Tagung für elektrische Nachrichtentechnik

Diese Veranstaltung des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins (SEV) und der Vereinigung «Pro Telephon» findet am 25. Juni 1968 im Kurtheater, Parkstrasse, Baden, statt. Beginn 10 h. Am Vormittag sind außer der Begrüssung vier Vorträge vorgesehen, nachmittags werden Besichtigungen durchgeführt. Anmeldung bis spätestens 17. Juni beim Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich.

Vortragskalender

Dienstag, 18. Juni. ETH Zürich, Kolloquium für Technische Wissenschaften. 17.15 h im Hörsaal I des Maschinenlaboratoriums, Sonneggstrasse 3. A. R. Duffy, Associate Chief, Applied Solid Mechanics Division, Battelle Memorial Institute, Columbus, USA: «Research on Steels for High Pressure Pipelines». (In englischer Sprache.) Anschliessend gemeinsames Nachtessen im Restaurant Rigihof, Universitätsstrasse 101.

Dienstag, 18. Juni. ETH Zürich. 17.15 h im Hauptgebäude, Auditorium III. Antrittsvorlesung von PD Dr. Richard Müller: «Die Ladung in Atomen und Kernen».

Samstag, 22. Juni. ETH Zürich. 11.10 h im Hauptgebäude, Auditorium III. Einführungsvorlesung von Prof. Dr. N. Rott: «Sekundärströmungen in rotierenden Flüssigkeiten».

Montag, 24. Juni. ETH-Aussenstation Hönggerberg, Seminar über Technische Physik. 16.15 h im Vortragssaal des Institutes für Technische Physik. Dr. H. Tiziani: «Anwendung der Laser in optischen Instrumenten, Einführung in Theorie und Praxis (mit einigen Demonstrationen) 2. Teil». Um 15.30 h fährt ein Autobus ab Zürich-Hauptbahnhof (neben Swissair-Terminal); wer diesen benützen will, melde sich bis am 19. Juni an das Institut für Technische Physik, Postfach, 8049 Zürich, Telefon 57 57 70.

Redaktion: W. Jegher, A. Ostertag, G. Risch, M. Künzler;

Briefpostadresse: Schweiz. Bauzeitung, Postfach, 8021 Zürich