

Title	Entwicklung des Elektronenstrahlschweißens im Ortlichen Vakuum(WELDING PHYSICS, PROCESSES AND INSTRUMENTS)
Author(s)	Arata, Yoshiaki; Sato, Shozo; Shimoyama, Toshikazu et al.
Citation	Transactions of JWRI. 1982, 11(1), p. 25-29
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/6676">https://doi.org/10.18910/6676</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# Entwicklung des Elektronenstrahlschweißens im Ortlichen Vakuum†

Yoshiaki ARATA\*, Shozo SATO\*\*, Toshikazu SHIMOYAMA\*\* und Genta TAKANO\*\*

## Zusammenfassung

Bei Anwendung des Elektronenstrahlschweißens für Schwerbauteile ist die Entwicklung einer Elektronenstrahlschweißmaschine mit lokalem Vakuum notwendig.

Wir haben die Elektronenstrahlschweißmaschinen jeweils für Läng- und Rundnaht mit der Mechanik gleitender Abdichtung entwickelt. Die Versuchsergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: 1) Die Mechanik gleitender Abdichtung erhielt das Vakuum über  $5 \times 10^{-2}$  Torr aufrecht, und dadurch ermöglichte, fehlerfreie Verschweißung herzustellen. 2) Die Resultate aus der Röntgenstrahl-, mechanischen und metallurgischen Prüfung zeigten, daß die Schweißverbindungen über gute Leistungsfähigkeit verfügen, was die Anwendbarkeit des Elektronenstrahlschweißens mit gleitender Abdichtung und lokalem Vakuum für Schwebauteile andeutet.

KEY WORDS: (Electron Beam Welding) (Local Vacuum Chamber)

## 1. Einleitung

Elektronenstrahlschweißen wird als hochleistungsfähiges und hochqualitatives Schweißverfahren in den breiten Gebieten in Praxis verwendet, aber da beim bisherigen genannten Schweißen das Werkstück in eine Vakuumkammer gesetzt werden muß, ist eine extra große Vakuumkammer und —pumpe erforderlich—, wenn es sich um ein großes Werkstück wie Druckbehälter handelt, und folglich lassen sich auf Grund der hohen Einrichtungsinvestitionen und schlechten Produktivität die Vorteile an Elektronenstrahlschweißen nicht ganz voll zur Geltung bringen.

Aus diesem Grund haben wir's ins Auge gefaßt, für Elektronenstrahlschweißen eines großen Werkstücks das Elektronenstrahlschweißen im örtlichen Vakuum anzuwenden, bei dem nur die nahe Umgebung der

Schweißnaht unter Vakuum gesetzt wird. Um dieses Schweißverfahren zu verwirklichen, haben wir derartige Geräte jeweils für Längs- und Rundnaht entwickelt und diese versuchsweise hergestellt. Imfolgenden wird der Abriß beschrieben.

## 2. Versuch mit dem Elektronenstrahlschweißgerät im örtlichen Vakuum für Längsnaht

Als Schweißgerät im örtlichen Vakuum sind wohl zwei Arbeitsweisen möglich: bei der ersten wird nur die Schweißlinie direkt abgedichtet und die bewegende Kammer für örtliches Vakuum läuft auf dem Werkstück, während bei der zweiten die Schweißlinie am Werkstück durch eine feststehende Kammer umgeben wird und die bewegende Kammer auf der feststehenden Kammer fährt. Die vordere weist zwar

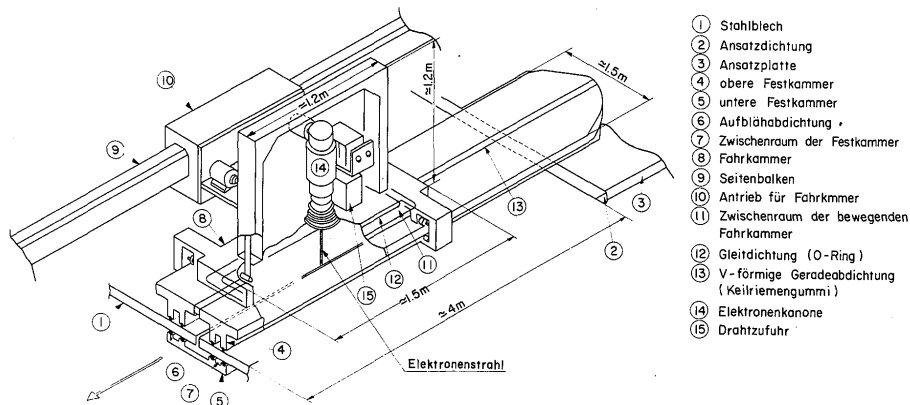


Bild 1 Schematische Zeichnung des Elektronenstrahlschweißgerätes im örtlichen Vakuum für Längsnaht Vollständig.

† Received on March 31, 1982

\* Professor

\*\* Fa. Mitsubishi Juko

den Vorteil auf, daß sie wegen Entfallens einer feststehenden Kammer in weiteren Bereichen anwendbar ist, aber andererseits besteht der Nachteil, daß infolge der Bewegung direkt auf dem Werkstück die Oberflächenrauheit des Werkstücks oder die Einstellgenauigkeit streng kontrolliert werden muß, sonst eine gute Schweißqualität nicht zu erreichen ist. Die letztere hat dagegen den Vorteil, daß die geforderten Genauigkeiten wesentlich gemindert werden können, da sich die eine Elektronenkanone tragende Fahrkammer auf der maschinell bearbeiteten Festkammer bewegt.

Unter Berücksichtigung auf Oberflächenzustände und Einstellgenauigkeit des Werkstücks bei Anwendung für ein großes Werkstück haben wir das System mit der Festkammer gewählt und versucht, ein Gerät mit dem möglichst kleinen Volumen der Vakuumkammer zu entwickeln.

Bild 1 zeigt schematisch das Elektronenstrahlschweißgerät im örtlichen Vakuum für Längsnaht voll-

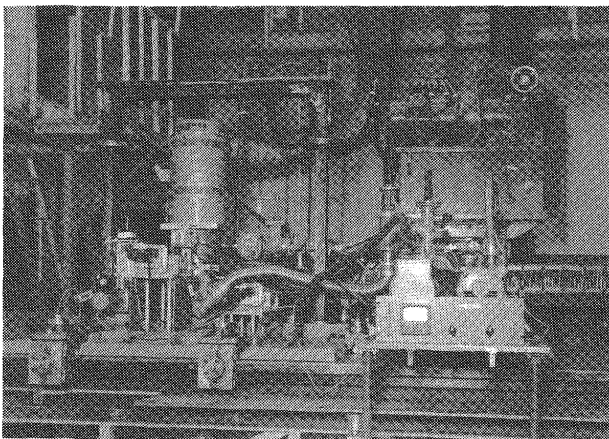


Bild 2 Aussehen des Elektronenstrahlschweißgerätes im örtlichen Vakuum für Längsnaht.

Iständig, das für Plattenschweißung eines großen Werkstücks oder für Längsnaht eines Zylinders entwickelt wurde. Für Vakuumabdichtungsmechanismus des vorliegenden Gerätes wurde, wie in Bild 1 dargestellt, als feststehende Abdichtung (6) zwischen dem zu schweißenden Stahlblech (1) und den oberen und unteren Festkammern (4), (5) die Aufblähabdichtung eingeführt, bei der ein Gummischlauch durch Luftdruck zur Abdichtung aufgebläht wird und auch dem wellenden Stahlblech mit schwarzer Haut folgen kann. Als bewegende Abdichtung für Fahrkammer (8) und die obere Festkammer (4) wurde ein O-Ring (12) mit Doppeldifferenzdruck gewählt, und als Abdichtung für den Schlitz der oberen Festkammer zum Durchgang des Elektronenstrahls wurde eine

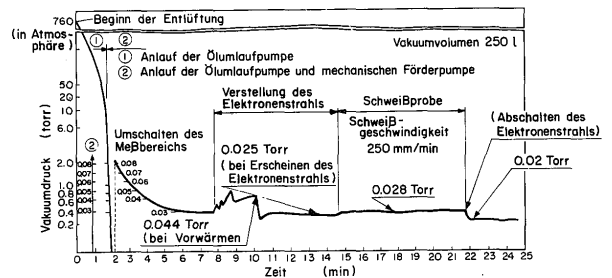


Bild 3 Verhalten der Vakuumflüftung beim Elektronenstrahlschweißgerätes im örtlichen Vakuum für Längsnaht.

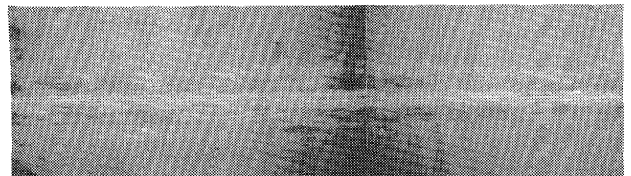


Bild 4 Aussehen der Probeplatte

Tafel 1 Mechanische Eigenschaften an der Längsnaht durch das Elektronenstrahlschweißgerät im örtlichen Vakuum.

Makrostruktur	Zugversuch der Naht		Faltversuch (1.5 <sup>11</sup> R x 180°)	Versuchstemperatur (°C)	Charpyscher Schlagversuch (5 x 10 x 55 mm)			
	Zugfestigkeit (kgf/mm <sup>2</sup> )	Bruchstelle			Schweißmetall	Wärmeeinflußzone		
					Absorptionsenergie (kgf-m/cm <sup>2</sup> )	Sprödebruchverhältnis (%)	Absorptionsenergie (kgf-m/cm <sup>2</sup> )	Sprödebruchverhältnis (%)
[Image of macrostructure]	45.8	Grundwerkstoff	gut	14	16.3	19	6.3	0
	45.9	Grundwerkstoff	gut	-20	18.0	35	6.1	0
					17.2	35	6.9	0
46.0	Grundwerkstoff	gut		12.0	40	5.0	6	
					10.7	40	5.0	8
					8.5	55	5.6	17

Bemerkung

(1) Probenmaterial

Stahlsorte	chemische Zusammensetzung (%)					Zugeigenschaften		
	C	Si	Mn	P	S	02% Dauerstandfestigkeit (kgf/mm <sup>2</sup> )	Zugfestigkeit (kgf/mm <sup>2</sup> )	Dehnung (%)
SM41	0.11	0.25	0.73	0.014	0.015	26	42	31

(2) Bedingungen zum Elektronenstrahlschweißen

Beschleunigungsspannung : 40 kV, Strahlstrom 300 mA,  
Schweißgeschwindigkeit 250 mm/min, Arbeitsabstand 285 mm,  
α<sub>b</sub> = 1.0

selbstspannende Keilriemengummiabdichtung verwendet.

An Hand des versuchsweise hergestellten Gerätes wurden Probeplatten mit Schweißlänge von ca. 4 m (Dicke 12,5 mm  $\times$  Länge 4,000 mm  $\times$  Breite 2,000 mm) geschweißt. Vakuumverhalten in der Schweißkammer während des Schweißens wird in **Bild 3**, Aussicht der geschweißten Probeplatten in **Bild 4** und ein Beispiel der Funktionseigenschaften der Schweißnaht in **Tafel 1** jeweils gezeigt.

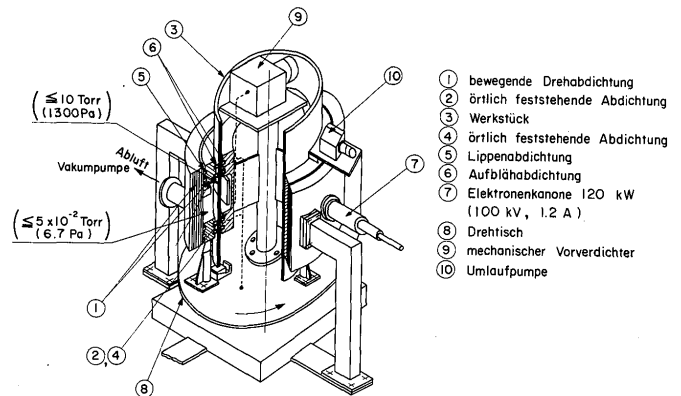
Wie es aus den Ergebnissen zu entnehmen ist, konnte mit dem versuchsweise entwickelten Gerät wie gezielt guter Vakuumdruck über  $5 \times 10^{-2}$  Torr während des Schweißens aufrechterhalten werden, gute Eigenschaften an der Schweißnaht wurde erreicht und damit wurde die Aussicht gewonnen, daß das Gerät für Längsnaht eines großen Werkstücks in Praxis anzuwenden ist.

### 3. Versuch mit dem Elektronenstrahlschweißgerät im örtlichen Vakuum für Rundnaht

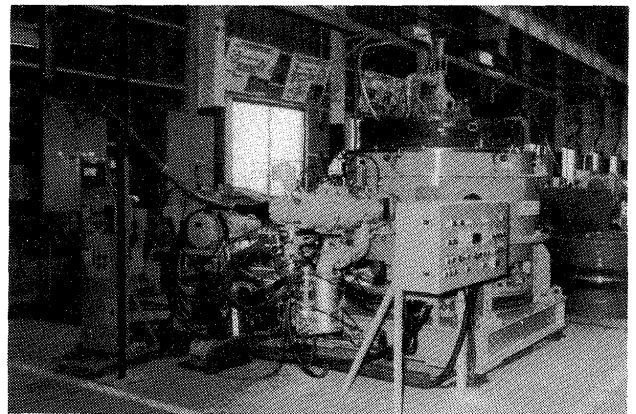
Das oben erwähnte Gerät für Längsnaht kann aber aus dem strukturellen Grund nicht für Rundnaht eines Zylinderwerkstücks angewendet werden. Als ein Gerät im örtlichen Vakuum für Rundnaht sind zwei Systeme möglich: entweder wird das Werkstück nach unten gedreht, oder das Werkstück wird vertikal gestellt und horizontal gedreht. Das erste System läßt sich auch für einen langen Zylinder leicht anwenden, aber bei einer großen zylindrischen Struktur ergibt sich der Nachteil, daß die für Elektronenstrahlschweißen geforderte Einstellgenauigkeit nur schwer gewährleistet werden kann. Deshalb haben wir unter Rücksichtnahme auf die Einstellgenauigkeit eines großen zylindrischen Werkstücks ein angepaßtes Elektronenstrahlschweißgerät im örtlichen Vakuum entwickelt.

**Bild 5** zeigt schematisch das Gerät im örtlichen Vakuum für Rundnaht vollständig, und **Bild 6** sein Aussehen.

Die Mechanik der Vakuumabdichtung in diesem Gerät besteht, wie in **Bild 5** gezeigt, aus dem Werkstück (3) zwischen den Drehabdichtungen (1) sowie (2) und den inneren und äußeren feststehenden Abdichtungen (2) sowie (4), wobei die Drehabdichtung aus Lippenabdichtung (5) mit Doppeldifferenzdruck besteht. Als feststehende Abdichtung zwischen Werkstück und den inneren sowie äußeren feststehenden Abdichtungen wurde die Aufblähabdichtung (6) verwendet, die leicht einzustellen ist und gegenüber der Durchmesseränderung und Oberflächenwellen des



**Bild 5** Schematische Darstellung des Elektronenstrahlschweißgerätes im örtlichen Vakuum für Rundnaht vollständig.



**Bild 6** Aussehen des Elektronenstrahlschweißgerätes im örtlichen Vakuum für Rundnaht.

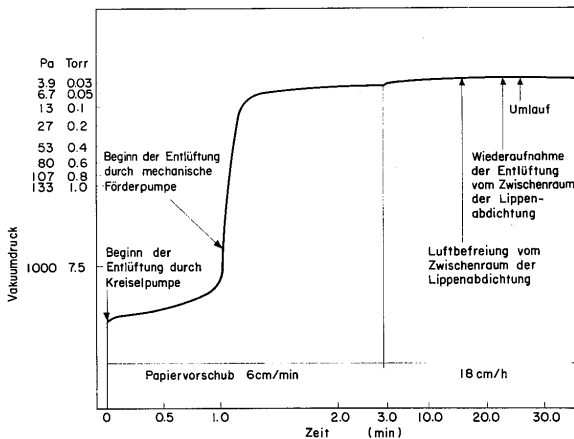
Werkstücks toleranter ist.

Horizontale Drehung des Werkstücks ist so ausgebildet, daß der eine Elektronenkanone angebrachte äußere Ring festgehalten ist und durch den horizontal umlaufenden Tisch (8) das Werkstück mit der feststehenden Abdichtung vereinigt gedreht wird, um Vereinfachung der Konstruktion und reibungslose Drehung zu errichten.

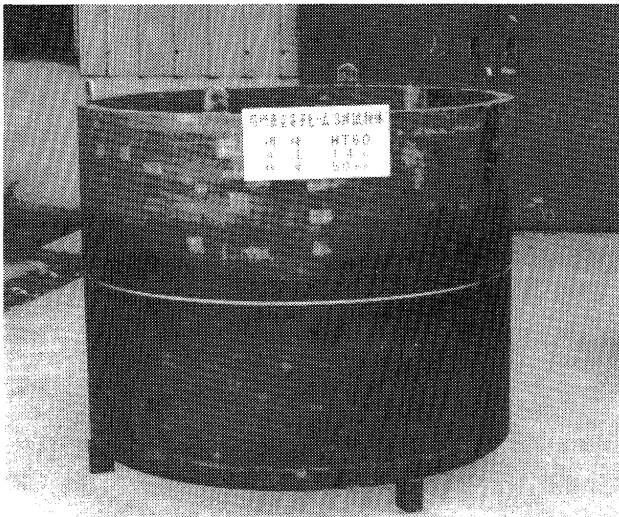
Mit dem Versuchsmodell wurde die Rundnaht eines Probezylinders von Dicke 50 mm  $\times$  Außendurchmesser 1,400 mm  $\times$  Länge 2,000 mm geschweißt. Vakuumverhalten in der Schweißkammer ist in **Bild 7**, Schweißaussehen des Probezylinders in **Bild 8** und ein Beispiel der mechanischen Eigenschaften der Schweißnaht in **Tafel 2** dargestellt. Wie die Ergebnisse zeigen, weist das entwickelte Gerät gute Vakuumgüte (über  $5 \times 10^{-2}$  Torr) und gute Eigenschaften an Schweißnaht auf, und ist aussichtsreich genug, um in der Praxis für Rundnaht eines großen zylindrischen Werkstücks anzuwenden.

### 4. Schlußfolgerung

Nach der versuchsweisen Herstellung eines Elektro-



**Bild 7** Entlüftungsverhalten des Elektronenstrahlschweißgerätes im örtlichen Vakuum für Rundnaht.



**Bild 8** Aussehen des geschweißten Probezylinders

nenstrahlschweißgerätes im örtlichen Vakuum, das der Längsnaht oder Rundnaht eines großen Schweißwerkstücks jeweils anpaßt, lassen sich die Ergebnisse bei den Probenversuchen folgendermaßen zusammenfassen:

- (1) Die beiden Elektronenstrahlschweißgeräte im örtlichen Vakuum für Längs- und Rundnaht weisen stabile Vakuumgüte und gute Schweißergebnisse auf und hat die folgenden Eigenschaften;
  - a) Auf Grund der Aufblähabdichtung zeigen sie gute Verfolgeigenschaft entsprechend der Werkstückoberfläche sowie stabile Vakuumgüte auch bei Stahlblech schwarzer Haut mit Wellen.
  - b) Auf Grund der Verbindung der feststehenden Abdichtungen bleibt das Volumen der Vakuumkammer klein, dementsprechend kleine Pumpenleistung und kurze Entlüftungszeit.
  - c) Da die Elektronenkanone in die Luft hervorragt, ist Betätigung und Wartung einfach.
  - d) Da sich die Gummiabdichtung als bewegende Abdichtung auf der maschinell fertigbearbeiteten feststehenden Abdichtkammer bewegt, ist die Dauerhaftigkeit ausgezeichnet.
- (2) Elektronenstrahlschweiß im örtlichen Vakuum ist für ein großes Schweißwerkstück durch Verwendung der oben genannten örtlichen Abdichtung für Längs- und Rundnaht anwendbar, und wir versuchen zur Zeit eine Entwicklung des großen Vakuumbehälters für Kernfusion.

**Tafel 2** Mechanische Eigenschaften and der Rundnaht durch das Elektronenstrahlschweißgerät im örtlichen Vakuum.

Makrostruktur	Zugversuch der Naht		Faltversuch (21R x 180°)	Charpyscher Schlagversuch (10 x 10 x 55 mm)				
	Zugfestigkeit (kgf/mm <sup>2</sup> )	Bruchstelle		Versuchstemperatur (°C)	Schweißmetall		Wärmeeinflußzone	
					Absorptionsenergie (kgf·m/cm <sup>2</sup> )	Sprödebruchverhältnis (%)	Absorptionsenergie (kgf·m/cm <sup>2</sup> )	Sprödebruchverhältnis (%)
	68.1	Grundwerkstoff	gut	21	20.8	43	10.2	27
					25.8	24	10.2	29
	68.3	Grundwerkstoff	gut	-10	29.8	0	9.3	30
					25.4	40	7.2	46
					12.4	73	9.9	43
					8.4	81	7.7	55

Bemerkung

(1) Probematerial

Stahlsorte	chemische Zusammensetzung (%)								Zugeigenschaften			Stoßeigenschaften √E - 10 (kgf·m)
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	V	0.2% Dauerstandfestigkeit (kgf/mm <sup>2</sup> )	Zugfestigkeit (kgf/mm <sup>2</sup> )	Dehnung (%)	
HT60	0.13	0.24	1.29	0.017	0.004	0.26	0.12	0.03	52	63	27	30.2

(2) Bedingungen zum Elektronenstrahlschweißen

Beschleunigungsspannung : 100 kV, Strahlstrom 300 mA,  
Schweißgeschwindigkeit 400mm/min, Arbeitsabstand 340mm,  
α<sub>b</sub> = 0.9

**Literaturverzeichnis**

- 1) Ujiie, Sato, Kono, Minami, Enami, Kanikawa: Entwicklung des Elektronenstrahlschweißgerätes im örtlichen Vakuum, Mitsubishi Juko Giho (Technische Mitteilung) Jg. 13, Nr. 6 (1976)
- 2) Sato, Shimoyama, Takano, Minami, Degawara: Forschung über das Elektronenstrahlschweißen im örtlichen Vakuum mit bewegender Abdichtung für Rundnaht, Mitsubishi Juko Giho Jg. 17, Nr. 5 (1980)