



Title	Elektronenstrahlschweißen von Magnesiumgußlegierung AZ91C
Author(s)	Arata, Yoshiaki; Ohsumi, Makoto; Hayakawa, Yasuhiko
Citation	Transactions of JWRI. 1976, 5(2), p. 211-218
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/4599">https://doi.org/10.18910/4599</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

# **Elektronenstrahlschweißen von Magnesiumgußlegierung AZ91C<sup>†</sup>**

**Yoshiaki ARATA\***, **Makoto OHSUMI\*\*** und **Yasuhiko HAYAKAWA\*\***

## **Zusammenfassung**

*Beim Elektronenstrahlschweißen von Magnesiumgußlegierungen entsteht manchmal so viel Menge von Metalldampf, daß ein Teil der Schweißraupe porös und sehr unsauber wird. Es ist daher nicht empfehlenswert, daß Elektronenstrahlschweißen an einem Stück mit einer Stärke über 30 mm zu verwenden.*

*In der vorliegenden Arbeit wurde das Elektronenstrahlschweißen von Stücke mit über 40 mm Stärke der AZ91C Legierung untersucht, die eine der typischen Magnesiumlegierungen für Flugzeug ist. Es wurde dann gezeigt, daß die erhebliche Unsauberkeit der Schmelzzone durch die Mikrolunker beim Gießen verursacht wird. Wenn das Ausgangsmaterial kein Gefahr vor dem Gußfehler dieser Art enthält, wurde es zusätzlich gezeigt, daß das Elektronenstrahlschweißen ohne Unterbrechen bei den dickeren Stücken, wie oben erwähnt, möglich ist, und daß das Erzeugnis mit hoher Festigkeit und Qualität hergestellt werden kann, wenn das Schweißverfahren entsprechend durchgeführt werden kann.*

## **1. Einleitung**

Magnesiumlegierungen haben geringste Dichte von allen praktischen Legierungen und wird deshalb für Flugzeugbau weit angewandt. Ausser kann es in Blechform überwiegend im Gußzustand für Kabinenhaube, Getriebe und Hauptgetriebsgehäuse eines Hubschraubers usw. benützt. Die AZ91C Legierung ist der typische Werkstoff für diesen Zweck und enthält 8.5% Al und 0.7% Zn. Sie ist thermisch behandelbar und hat hoche Festigkeit.

Das Elektronenstrahlschweißen solcher Legierung ist manchmal erfolgreich in Zusammenbauen der hohen, großen, dünn Teile oder in Ausbesserungsarbeit (salvaging). Wenn einer Teil mit großer Stärke, der oft Gußstück ist, durch Elektronenstrahl geschweißt wird, entspringt der große Menge Metalldampf, der die Steuerung des Strahlerzeugungssystems in der Schweißmaschine stört und sogenannter Bogenbildung führt. Zusätzlich werden die Schweißraupe so sehr verschmutzt, daß sie wegen der Verunreinigung nicht mehr benutzbar sein kann. Auf diesen Gründen wurden die Anwendbarkeit des Elektronenstrahlschweißverfahrens auf dickere Bauteile als 30mm Stärke als zweifelhaft häufig genommen.

Die Verfasser haben gezeigt, daß die unsaubere Schweißnaht durch die Gußfehler verursacht worden sind, und daß es einen großen Unterschied von der Schweißvermögen zwischen der Eingußkanalseite und der

Schaleseite des Gußstücks gibt, und daher, daß die oben gezeigte, niedrige Schweißbarkeit in die zwei verschiedenen Ursprünge die aus dem ungenügenden Werkstoff und der auf Metalldampf zurückführenden gestörten Steuerung des Strahlerzeugungssystems bestehen, betrachtet werden kann.

Ferner wird erwähnt von der Steuerung des Strahlerzeugungssystems daß es durch ein passendes Verfahren, die dem Metalldampf ausweichen kann, gut möglich ist, die dickeren Teilen mit einer Stärke über 40mm unterbrechend durch nur einen Schweißungsgang zu Schweißen.

## **2. Versuchsmaterial und Schweißverfahren**

Die Dimension und Form der Versuchsmaterialen sind in Tafel 1 und auch in Bild 1 wiedergegeben. Die Wärmebehandlung des Ausgangsmaterials wurde nach T4 durchgeführt. Die Norm, Federal Standard QQ-M-566, wurde zitiert, aber mit der Festigkeitsanforderung nach der Norm, d.h., 23.8 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit, 7.7 kg/mm<sup>2</sup> Prüfdehngrenze und 7% Dehnung, hatte das Ausgangsmaterial eine Zugfestigkeit von 26.1 kg/mm<sup>2</sup>, Prüfdehngrenze von 11.0 kg/mm<sup>2</sup> und Dehnung von 10.7%, was die Norm gut erfüllen konnte. Die Einschnürung beträgt etwa 7.5% und die Kerbschlagzähigkeit war 0.52

<sup>†</sup> Received on Mar. 15, 1976

\* Professor

\*\* Mitsubishi Schwerindustrie AG., Nagoya. Luftfahrzeug Werkstatt.

Tafel 1 Chemische Zusammensetzung

Material: AZ 91C-T4

Element Normung	Mg	Al	Zn	Mn	Si	Cu	Ni	Begleitelement
Schmelz-Nummer	Übrig	8.1~9.3	0.40~1.0	>0.13	<0.30	<0.10	<0.01	<0.30
9-6-69	Übrig	8.79	0.64	0.12	0.041	0.01	0.002	—
9-8-69	Übrig	8.85	0.43	0.27	0.058	0.04	0.001	—
10-2-69	Übrig	8.84	0.61	0.21	0.054	0.01	0.001	—

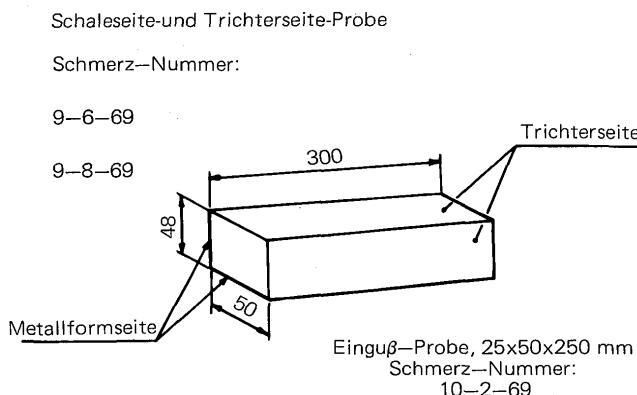


Bild 1 Versuchsprobe und die Form

kg-m (Durchschnittswert von drei Versuchspolen nach dem Charpy'schen Pendelhammer (dem normalen V-Kerbe.) Die oben gegebene Normanforderungswerte sind nicht für die wahre Gußstücke selbst, sondern für den Probeguss, der extra für die Untersuchung gegossen worden waren. Die Anforderungswerte sind deshalb etwas höher als die an die gegossenen Bauteile ermittelte Werte.

Der benutzte Schweißapparat, der als ein normaler Typus ziemlich groß ist, hat eine Kapazität von 60 kV-500 mA, und ein Kammer von der Größe 2.7 m × 2.4 m × 1.6 m.

Wenn übliches Schweißverfahren verwandt wird, der durch die Bestrahlungskanäle ausgestoßene Dampf sich an der Strahlerzeugung stößt, und deswegen Lichtbogenhalt hintereinander vorkommt. Als das Schweißungsverfahren wurde demnach die Strahlerzeugung verwandt, die um

Tafel 2 Schweißbedingungen

Beschleunigungsspannung	43 kV
Elektronenstrahl Strom	230 mA
Schweißgeschwindigkeit	686 mm/min
Abstand von Strahlerzeugung	102 mm
Fokussierstromstärke	5.25 A (ab* = 1.0)
Neigung der Strahlerzeugung	11°
Y-Achse	740 positiv

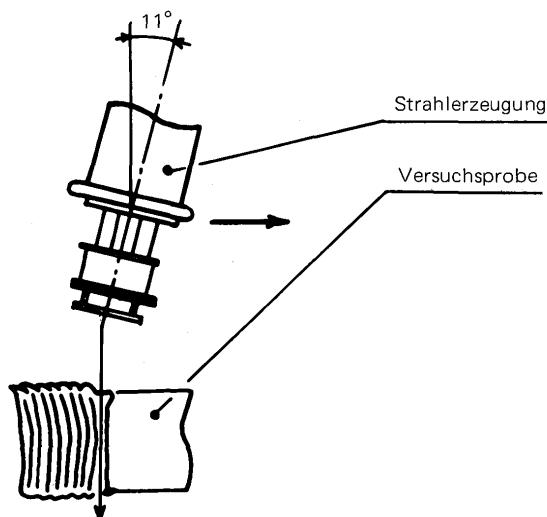


Bild 2 Schweißverfahren mit abgelenkten Electronenstrahl

11° schräg eingestellt ist, wie in Bild 2, um die Berührung mit dem Dampf von Metall zu vermeiden. Der Elektronenstrahl wurde dabei durch eine Ablenkspule nach unten gebrochen, damit sie senkrecht zur Oberfläche der Versuchsprobe hineingeworfen werden kann. Die Schweißbedingungen sind in Tafel 2 gezeigt.

### 3. Schweißqualität

Bilder 3 und 4 zeigen die Aussehen der geschweißten Stellen. Bild 3 zeigt ein Beispiel des guten Schweißens mit metallischen Glanz. Die Schweißnaht ist sehr schön und es ist bemerkenswert, daß eine solche schmale, tiefe Schweißzone erst durch Elektronenstrahlschweißen ermöglicht werden kann. Ein schlechtes Aussehen, wie Bild 4, kann doch manchmal entstehen; das aussieht nicht als Schweißnaht sondern als schwarzes Oxydschicht.

Dieses wird zusammen mit der Dampfwolken, die beim Elektronenstrahlung sehr viel entstehen, in Betracht genommen, und man hat den Eindruck, ob es fast unmöglich und unpraktisch wäre, dicke Bleche von Magnesiumlegierungen durch Elektronenstrahl zu schweißen.

Wenn man aber die Schweißnaht noch näher beobachtet, es kann auch passieren, daß man von der

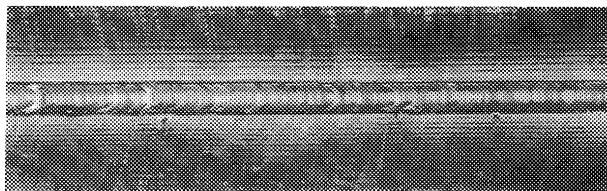


Bild 3 Aussehen der Schweißraupe (Sauber)

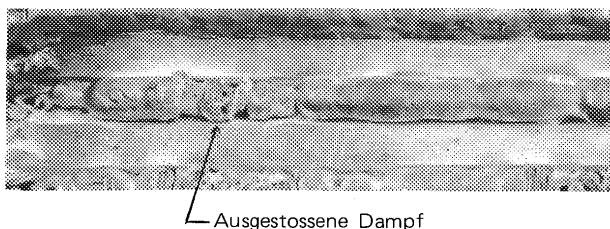


Bild 4 Aussehen der Schweißraupe (Unsauber)

selben Magnesiumlegierung eine sehr gute Schweißnaht mit Glanz erhalt. Beim Falle der Bild 4 es ist aus dem Zustand gezeigt, daß eine große Menge von Gas augenblicklich entsteht, wo man schlechten Schweißaussehen findet, (gezeigt mit einem Pfeil in Bild 4), und, daß die Schmelze sich für sich selbst von Innen herausgeflossen und mit einem nichtmetallischen Schicht wie Oxyd erstarrt hat. Die schlechte Schweißnaht scheinen nähmlich zu entstehen, wenn das Ausgangsmaterial in sich eine oxydierende Substanz hat, die die Schweißraupe sehr verschmutzt.

Solche Erscheinung erschienen in geschlossenem Zusammenhang mit den Materialfehler zu stehen. Zwei Versuchsproben wurden daher genommen: eine aus dem Einguß oder Eingußkanal, wo man viele Gußfehler finden kann, und die andere aus der Schaleseite, wo die Schmelze zuerst erstarrt hat und daher eine gute Qualität erwartet werden kann. Die zwei Proben wurden dann unter die selben Bedingungen durch einen Schweißgang (durchgehend) geschweißt, so daß man die beide vergleichen kann.

Die Aussehen von dicken Blechen mit 43 oder 47 mm Stärke und 300 mm Länge sind in Bild 5-1 ~ 5-5 gegeben.

Um es zu untersuchen, wie tief Löcher von der Oberfläche sind, die bei den Schweißnähten von Einguß- und Trichter-Seite erscheinen, die geschweißte Oberfläche wurde geschliffen und dann untersucht. Die Ergebnisse werden in Bild 5-6 ~ 5-10 gezeigt.

Die oben gegebenen Ergebnisse zeigen deutlich den Einfluß von der Qualität des Ausgangsmaterials beim Gießen.

Ferner wurden zwei Versuchsproben genommen, die Fehler enthalten aber in verschiedenen Größen, und wurden sie wie Bild 6(a) verbund. Nachdem sie unter die gleichen Bedingungen 5-Male geschweißt wurden, wurden

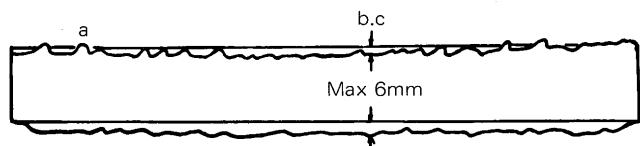


Bild 5-1 Schweißoberfläche: Schaleseite

(Blechedicke: 43 mm)

- a. Die Schweißraupe sind weiß und sauberer
- b. Maximumtiefe: 3 mm
- c. Durchschnitt 2.5 mm, gleichmäßig tiefliegend

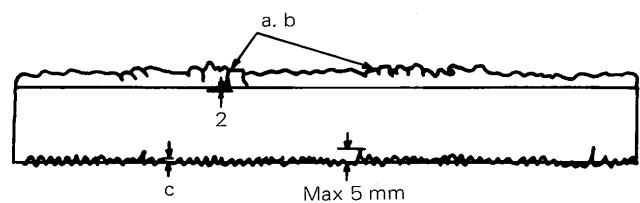


Bild 5-2 Schweißfläche: Eingußseite (a)

(Blechedicke: 43 mm)

- a. Ausbruch von Gas
- b. Die Schweißraupe sind im ganzen schwarz und schmutzig
- c. Durchschnitt um 2.5 mm, wormstichig im ganzen

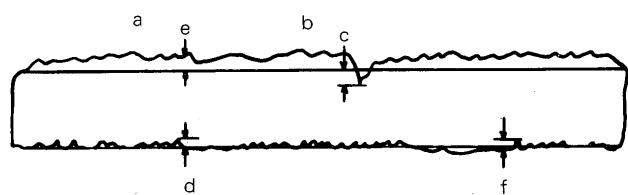


Bild 5-3 Schweißfläche: Trichterseite

(Blechedicke: 47 mm)

- a. Die Schweißraupe sind sauberer
- b. Einbrandkerbe: gleichmäßig 1.5 mm auf einer Seite
- c. 9 mm, eingewölbt
- d. Wurmstichige Locher, Durchschnit 3 mm
- e. Durchmesser: 4 mm
- f. Max. 5 mm (ein Ort)

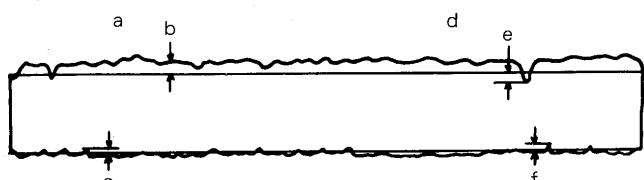


Bild 5-4 Schweißfläche: Schaleseite

(Blechedicke: 47 mm)

- a. Die Schweißraupe sind weiß und sauber
- b. Einbrandkerbe: gleichmäßig 1.5 mm auf einer Seite
- c. Löcher an verschiedenen Stellen
- d. Durchschnitt: 4 mm
- e. 10 mm eingewölbt
- f. Max. 3 mm (ein Ort)

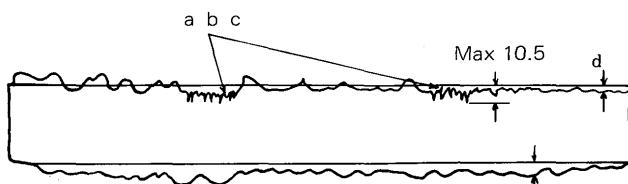


Bild 5-5 Schweißfläche: Eingußseite (b)  
(Blechedicke: 43 mm)  
a. Ausbruch von Gas  
b. Die schweißraupe sind schwarz und schmutzig  
c. Die selbe Stelle  
d. Tiefe: 3 mm in Durchschnitt  
e. 5 mm in durchschnitt

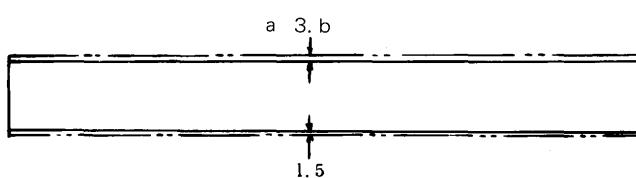


Bild 5-6 Schweißfläche: Schaleseite  
(Blechedicke: 43 mm)  
a. Schleifungstiefe: 3 mm  
b. Kein Fehler

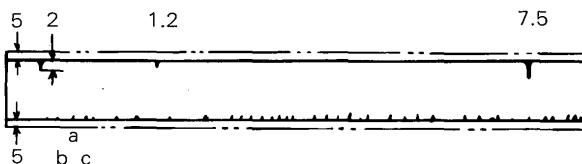


Bild 5-7 Schweißfläche: Eingußseite (a)  
(Blechedicke: 43 mm)  
a. Tiefe: Max. 2.5 mm, durchschnittlich 1.5 mm  
Löcher in Reihe  
b. Durchschnittsabstand: 3.5 mm  
c. Durchmesser von Löchern, 0.5 – 1 mm

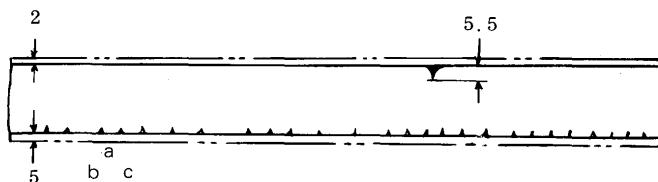


Bild 5-8 Schweißfläche: Trichterseite  
(Blechedicke: 47 mm)  
a. Tiefe: Max. 7.5 mm, durchschnittlich 3 mm  
Löcher in Reihe  
b. Durchschnittsabstand: 7 mm  
c. Durchmesser von Löchern: 0.5 – 2 mm

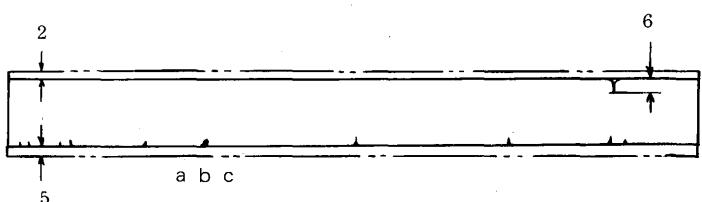


Bild 5-9 Schweißfläche: Schaleseite  
(Blechedicke: 47 mm)  
a. Löcher mit der Tiefe 2 – 3 mm in Reihe  
b. Durchschnittsabstand: 40 mm  
c. Durchmesser der Löcher: 1 – 1.5 mm

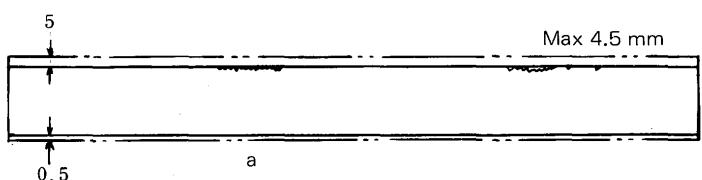


Bild 5-10 Schweißfläche: Eingußseite (b)  
(Blechedicke: 45 mm)  
a. Kein Fehler auf der Rückenseite

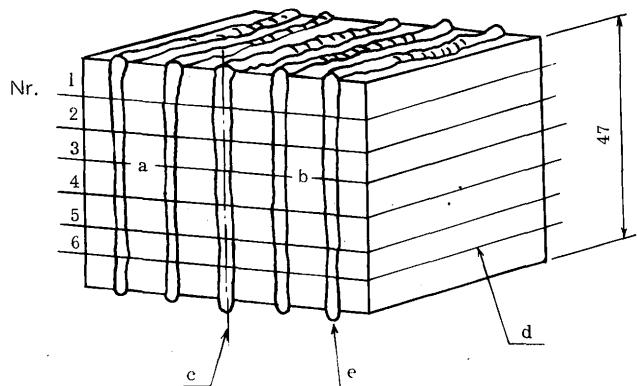


Bild 6(a) Schematische Zeichnung  
a. Probe aus der Schaleseite  
b. Probe aus der Eingußkanalseite  
c. Stumpf angefügte Fläche  
d. Abgeschnittene Stelle  
e. Mikrolunker

sie horizontal abgeschnitten, um die Röntgenographische Aufnahme zu machen. Die Aussehen von der Schweißraupe in diesem Fall werden in Bild 6 (b) gezeigt. Die rechte Hälfte hat sehr viel Oxyd und Verschmutzung im Schmelzbad, während die linke Hälfte Metallglanz und ein besseres Aussicht.

Die Röntgendifurchstrahlungsaufnahme sind in Bild 6 (c) wiedergegeben. Auf der rechten Hälfte (Probe B) werden Mikrolunkern in Wolkenform als Materialfehler angesehen. Auf der Schweißnaht können Höhle oder dazu führende Risse gesehen werden. Wenn man aufmerksam beobachtet, ist es gefunden, daß die Lunkerwolken mit dem Schweißfehler entsprechend sind. Die Schweißzone

scheinen, als ob sie durch die fehlerfreie Teile der Probe passen, aber das ist nicht wirklich, sondern sie wird wie Bild 6 (d), d.h.: die geschmolzene (durch Schweißen) Teile der Probe wird dicht und die Röntgenaufnahmen ist weiß. Wenn man die Verteilung der Fehler auf dieser Weise analogisch erklärt, konnte man eine Verteilung wie Bild 6 (d) erhalten. Die beiden sind nämlich in Übereinstimmung.

#### 4. Festigkeitsuntersuchung der Schweißnaht

Die Zugfestigkeit und Kerbschlagzähigkeit wurden an Proben durchgeführt, die so wohl aus geschweißten Paaren mit verschiedenen Gußfehlern als auch aus dem Ausgangsmaterialien abschnitten worden waren. Bei der Zugversuch wurde die Rundstabprobe nach der Norm, Federal Standard 151a gebraucht.

Für die Kerbschlagzähigkeitsversuch wurde die Probe mit der normalen V-Kerbe von Nr.4 nach der Norm, JIS Z 2201 benutzt. Jede Probe halte die zu der Längsrichtung rechtwinkelig treffende Schweißnaht in der Mitte der Längenachse.

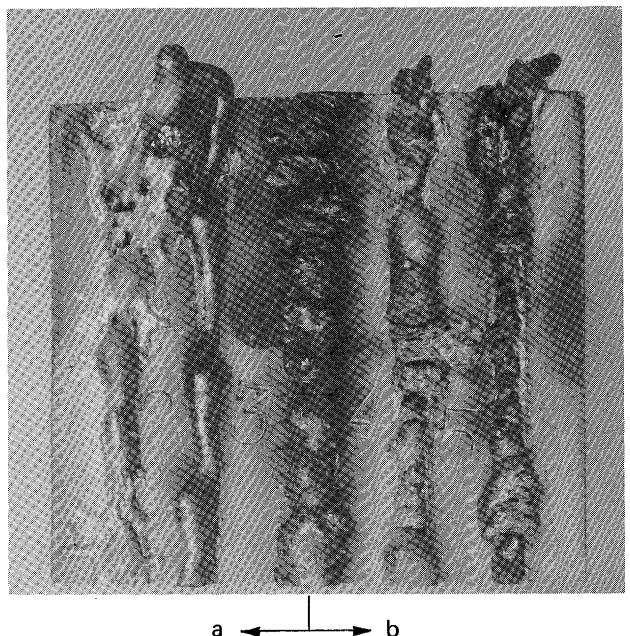


Bild 6(b) Aussehen von Schweißraupe

- a. Versuchsprobe A aus Schleeseite
- b. Versuchsprobe B aus Eingußkanalseite



Bild 6(c) Röntgendiffraktionsaufnahme der abgeschnittenen Flächen der in Bild 6 (a) gegebenen Versuchsproben.

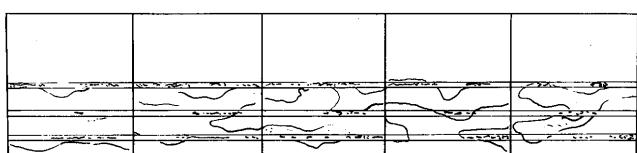


Bild 6(d) Verteilung der Fehler

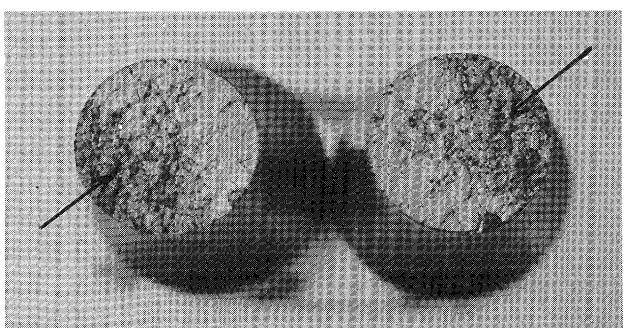


Bild 7 Bruchfläche der Zugprobe

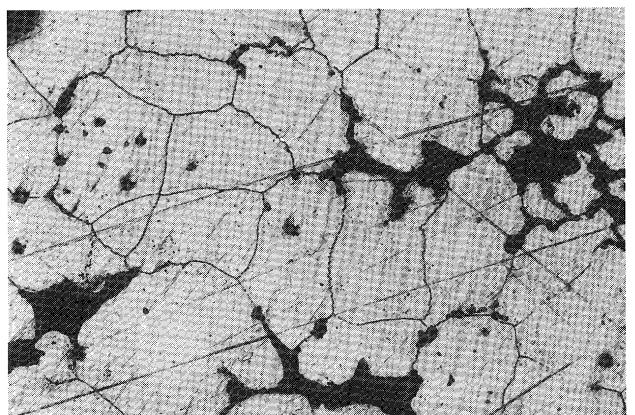


Bild 8 Gußfehler (Mikrolunker) x 100

Tafel 3 Folge des Zugversuchs

Wärmebehandlung		Starkgrenze	Zugfestigkeit	Dehnung	Bruchstelle	Zustand der Bruchfläche
		kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	% (50mm)		
Schweißnaht	Ohne Wärmeb.	8.8	25.8	11.5	Grundmetall (b)	Grobe aber silberweiße saubere Bruchfläche
		8.8	24.7	9.0	Grundmetall (B)	Grobe aber silberweisse saubere Bruchfläche
		8.9	25.8	10.6	Grundmetall (B)	Grobe aber silberweiße saubere Bruchfläche
		7.8	17.7	3.6	Bindezonne	Die Hälfte ist die glatte Bruchfläche der Schweißnaht und die andere Hälfte ist Lunker mit gleichmäßig hellbraunem Oxyd hineingerissen werden.
	410°C 0.5 Std. nach dem Schweißen	8.6	24.0	8.0	Grundmetall (A)	Schwarze Einschlüsse mit einem Durchmesser von 1-5 mm am Ende der Bruchfläche.
		8.9	26.4	12.0	Grundmetall (B)	Silber-weiße saubere Bruchfläche
		8.4	19.6	5.6	Grundmetall (A)	2/3 Fläche hat hellbraune Lunker. Viele Risse an den andern Parallelstellen
		8.6	23.8	7.9	Grundmetall (B)	Schwarze Einschlüsse mit 2 mm Durchmesser am Ende der Bruchfläche.
Grundmetall	Ohne Wärmeb.	8.4	19.2	6.2	A	2/3 Fläche hat hellbraune Lunker. Risse an verschiedenen Orten der Parallelstellen
		8.7	19.8	6.0	B	1/5 Fläche hat hellbraune Lunker.
	120°C 1 Std.	7.8	17.2	3.8	A	1/4 Fläche hat hellbraune Lunker.
		8.3	22.2	7.8	B	Silber-weiße saubere Bruchfläche
	410°C 0.5 Std.	7.7	17.9	5.9	B	Ganze Fläche hat hellbraunen Lunker. Viele Risse an den andern Parallelstellen.

Die Form der Probe ist nach FED. No. 151a.

### Tafeln 3 und 4 zeigen das Ergebnis des Versuchs.

Es ist bemerkenswert, daß die Proben mit Schweißnaht einen höheren Zugfestigkeitswert als die Probe ohne Schweißnaht haben, wie man in Tafel 3 finden kann. Der Bruch entstand sogar im Grundmetall. Diese Tatsache zeigt zusammen mit dem Zustand der Bruchfläche, daß die Zugfestigkeit gar nicht von der Qualitätsverminderung durch den Wärmeeinfluß von Schweißen sondern von der Größe der Gußfehler, die seit vorher den Materialien innewohnen, abhängig ist. Die Zugfestigkeitswerte von Grundmetall sind etwas niedriger als diejenige, die im früheren Kapitel erwähnt worden waren. Das war Versuch an Proben, die extra für die Zugversuch gegossen worden waren. Aber die Werte in Tafel 3 sind Werte von den Proben, die aus den wahren Gußstücken abgeschnitten worden waren.

Die Bruchfläche der Zugversuchsprobe, die an den Gußfehlern zerbrochen worden war, ist gold-braun und zeigt das Aussehen von Oxydation, wie in Bild 7 mit dem Pfeil gezeigt wird. Die Mikrolunker, die in Kapitel 3 schon als Wolkenschatten beobachtet worden waren, hat anderseits das Mikrogefüge in Bild 8. Sie sind viel feiner als diejenige, die in Bild 7 gesehen worden waren.

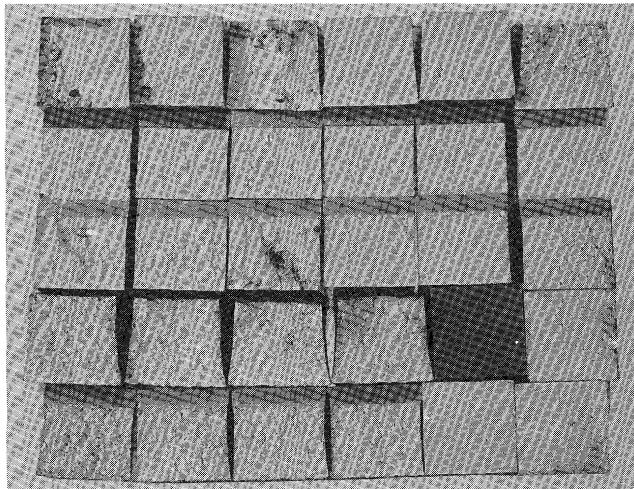


Bild 9 Bruchfläche der Kerbschlagprobe

Tafel 4 Folge des Kerbschlagversuchs

Stell der Kerbe	Schweißfläche	Wärmebehandlung	Probe Nr.	Kerbschlagzähigkeit $\bar{x}$ kg.m/cm <sup>2</sup>
Ohne Kerbe	Trichterseite	Ohne Wärmeb.	1	1.16 (1.46)
		120°C, 1 Std	4	1.35 (1.75)
		410°C, 0.5 Std	7	2.57
	Schaleseite	Ohne Wärmeb.	10	2.01
		120°C, 1 Std	13	2.50
		410°C, 0.5 Std.	16	2.68
	Grundmetall	Ohne Wärmeb.	19	2.00
		120°C, 1 Std	21	3.35
		120°C, 1 Std zweimal	23	3.38
		410°C, 0.5 Std	25	2.54
Mitte der Schweißnaht	Trichterseite	Ohne Wärmeb.	2	0.34 (0.39)
		120°C, 1 Std.	5	0.42 (0.39)
		410°C, 0.5 Std.	8	0.64 (0.66)
	Schaleseite	Ohne Wärmeb	11	0.34
		120°C, 1 Std.	14	0.33
		410°C, 0.5 Std.	17	0.56
Bindezone	Trichterseite	Ohne Wärmeb.	3	0.31 (0.33)
		120°C, 1 Std.	6	0.37 (0.33)
		410°C, 0.5 Std.	9	0.59 (0.63)
	Schaleseite	Ohne Wärmeb.	12	0.31
		120°C, 1 Std.	15	0.32
		410°C, 0.5 Std.	18	0.47
		Ohne Wärmeb.	20	0.61
		120°C, 1 Std.	22	0.80
		120°C, 1 Std. zweimal	24	0.65
		410°C, 0.5 Std.	26	0.82
		—	—	—
		Ohne Wärmeb.	20	0.61
Grundmetall	—	120°C, 1 Std.	22	0.80
		120°C, 1 Std. zweimal	24	0.65
		410°C, 0.5 Std.	26	0.82

Note: Zahlenwerte für die Kerbschlagzähigkeit sind als Durchschnitt der Probe ausschließlich der unvollständig geschmolzenen Teile angegeben. Werte mit ( ) sind dagegen Durchschnitt aller Proben.

Die Ergebnisse der Kerbschlagversuch werden in Tafel 4 zusammengefasst. Die Bruchfläche wird auch in Bild 9 gegeben. Die Bruchfläche, Nr. 1 – Nr. 9, sind von der Probe aus der Trichterseite (geschweißten). Man kann blaue Farbeneinschlüsse oder große Gasblasen und schwarzen Rückstand sehen, die alle offenbar von den Gußfehlern verursacht worden sind. Dennoch wirken die Gußfehler an geschweißten Proben mit Kerbe auf den Kerbschlagzähigkeitswerte nicht großen Einfluß aus. Proben ohne V-Kerbe, zeigen den Zusammenhang zwischen Gußfehler und Festigkeitswerte.

Die Versuche wurden an 4 Proben für jedem Fall durchgeführt. Die Durchschnittswerte für jeden Einzelheiten werden vergleichsweise in Tafel 4 gegeben.

## 5. Schlußfolgerungen

In Magnesiumgußlegierungen findet man manchmal sehr ungesunde Schweißnaht wegen der gestörten Strahlerzeugung, die durch eine große Menge von Gas verursacht werden, wenn man besonders dicke Bauteile mit tief geschmolzenen Schweißnaht mittels eines Elektronenstrahlschweißen schweißen will. Magnesium hat einen hohen Dampfdruck und es ist bekannt, daß der Dampfdruck bei der Schmelzpunkt auch 5-6 Torr beträgt. Deshalb nimmt man oft es unmöglich an, Magnesiumlegierung mit großer Stärke durch Elektronenstrahlschweißen zu schweißen, weil man einfach den Eindruck hat, daß die Fehler wegen des Gasentstehung verursacht werden sei.

Es wurde dagegen gezeigt, daß die Ursache der verschmutzigen Schmelzone nicht auf der eigenen Eigenschaft von Magnesium sondern unmittelbar auf den Gußfehler im Ausgangsmaterialien liegt. Man kann daher die sehr schöne glatte Schweißzone durch Elektronenstrahl an Bauteile aus AZ91C mit über 40mm Stärke schweißen, wenn man ein gußfehlerfreies Ausgangsmaterial benutzt. Es ist aber in diesem Fall wichtig, die Stalle, die Bewegrichtung, Strahlrichtung und Schirm aus dem Elektronenstrahl zu einrichten, damit die Quelle die Dampfwolke vermeiden kann.

Die Gußfehler können, wenn auch Mikrolunker oder Höhle innerhalb der Grenze von der Norm (Federal Standard usw.) bleibt, auf die Schweißeignung einen großen Einfluß geben. Das Gas innerhalb der Höhle wird während des Schweißens ins Vakuum ausbrechen. Es ist vielleicht verstanden, daß die Gasentstehung an der Stelle, wo die Schweißfehler erzeugt werden, stärker als an der übrichen Stelle. Man sollte aber diesen Effekt davon unterscheiden, daß das Metalmagnesium selbst einen hohen Dampfdruck hat. Man könnte sonst anerkennen, als ob das Elektronenstrahlschweißen von Magnesium-Legierungen gar unmöglich wäre.

Die innere Fläche der Mikrolunker oder Höhle sind mit gold-braunem Oxyd bedeckt, das als die Ursache der Innenoxydation der Schmelze zusammen mit den enthaltenen Gase oder Einschlüsse betrachtet werden kann. Bei dem Elektronenstrahlschweißen die Schmelzmenge ist wenig und das Schmelzbad ist eng. Die Gase können deshalb nicht leicht aus dem Schmelzbad vertrieben werden, wie beim TIG-Schweißverfahren.

Wenn AZ91C als das Ausgangsmaterialien dagegen keinen Gußfehler hat, kann die Legierung mit einer Stärke von 40 mm durch einen schweißgang mit Elektronenstrahl geschweißt werden und dabei kann gute Qualität erhalten werden. Im Gegensatz zum TIG-Verfahren kann man in diesem Fall mit propfen von kleinem Durchmesser, die sehr großen Einschränkung erlebt, ohne Vorwärmung zusammenschweißen. Die Zahlenwerte wie Zugfestigkeit und Prüfdehngrenze sind nicht gering im Vergleich mit den Werten des Grundmetall und man kann praktisch betrachten, daß das Elektronenstrahlschweißen weitgehend nutzbar ist.

## Referenzen

- 1) M.Ohsu et al, Present status of applying EBW to high strength aluminum and magnesium alloy parts, International Institute of Welding, Public Colloquium of Commission III 8 IV (1973)
- 2) M.Ohsu et al, Electron beam welding of light metal alloy and Ti alloy, Mitsubishi Jyuko Giho (In Japanese) Vol.7 No.3 (1969)