



Title	Untersuchungen der Schweißguteigenschaften in Abhängigkeiten vom Basizitätsgrad der 50kg/mm ² Grad agglomerierten UP-Schweißpulver(Materials, Metallurgy & Weldability)
Author(s)	Han, H. C.; Ohmori, A.; Arata, Y.
Citation	Transactions of JWRI. 1987, 16(1), p. 59-65
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/6806
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Untersuchungen der Schweißguteigenschaften in Abhängigkeiten vom Basizitätsgrad der 50 kg/mm² Grad agglomerierten UP-Schweißpulver†

H. C. HAN*, A. OHMORI** and Y. ARATA***

Zusammenfassung

Um die Einflüsse der Basizität von für 50 kg/mm² Grad Stähle eingesetzten agglomerierten UP-Schweißpulvern auf die Schweißguteigenschaften zu untersuchen wurden zwei Pulver mit unterschiedlichen Basizitätsgraden von 1.1 und 1.4 hergestellt.

Durchgeführt wurden u.g. Untersuchungen, wobei insbesondere die verschiedenen Einflussfaktoren auf die Zähigkeitsänderungen betrachtet wurden:

- 1) Kerbschlagzähigkeitsuntersuchung
- 2) Analyse der chemischen Zusammensetzungen
- 3) Untersuchungen von Mikrogefüge und Einschlüsse
- 4) Burchflächenanalyse

KEY WORDS: (Schweißguteigenschaften) (UP-Schweißpulver) (50 kg/cm² Grad Stähle)

1. Allgemein

Beim UP-Schweißen kann man mit hoher Stromstärke arbeiten. Sie führt zur hohen Abschmelzleistung, was UP-Schweißen wirtschaftlicher macht.

Aber die hohe Abschmelzleistung kann ungünstige Schweißgutgefüge hervorrufen und die Zähigkeit des Schweißgutes kann dadurch verschlechtern.

Ziel der Untersuchung ist die Änderungen der Schweißguteigenschaften in Abhängigkeit von Basizitätsgradunterschiede der UP-Schweißpulver zu erfassen.

Die davon erworbene Kenntnisse sollen für die Qualitätsverbesserung des Schweißpulvers beitragen.

2. Versuchsdurchführung

2.1 Grundwerkstoff

Als Grundwerkstoff wurde der Blech von BS 4360

Gr 50D benutzt.

Geliefert wurde im normalisierten Zustand. Tabelle 1 ergibt die mechanischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung des Blechs.

2.2 Zusatzwerkstoff

2.2.1 Schweißpulver

Für die Untersuchung wurden die Schweißpulver extra hergestellt. Das Variieren von Hausmannite, Ca-Si und CaF₂ ergibt die Basizitätsgradänderung des Schweißpulvers. Deren chemische Zusammensetzung und die technischen Daten sind in Tabelle 2 und 3 zusammengestellt.

2.2.2 Schweißdraht

Als Schweißdraht wurde JIS W23 (AWS EM 12K) ausgesucht.

Der Drahtdurchmesser beträgt 4 mm. Die chemische Zusammensetzung wurde in Tabelle 4 zusammengestellt.

2.2.3 Eigenschaften der reinen Schweißgüter

Tabelle 1 Mechanische Eigenschaften und chemische Zusammensetzung des Grundwerkstoffs.

Mechanische Eigenschaften				Zusammensetzung (%)						
R 0.2 P (kg/mm ²)	Rm (kg/mm ²)	A (%)	Z (%)	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb
35.7	55.0	36.2	75.8	0.14	0.44	1.32	0.015	0.002	0.037	0.021

† Received on May 6, 1987

* Hyundai Welding & Metal Co., Ltd.

** Associate Professor

*** Professor

Tabelle 2 Chemische Zusammensetzung der Schweißpulver (%)

Pulver	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	CaF ₂	MgO	Na ₂ O	TiO ₂	BI*)
A	22.0	4.0	30.5	1.5	12.5	24.0	1.8	0.8	1.1

Tabelle 3 Technische Daten der Schweißpulver

Pulver	Sieb Nr.			Kristallwasser (%)	CO ₂ (%)	Spec. Gewicht (kg/l)
	+ #18	+ #35	+ #50			
A	6.8	55.7	36.2	0.05	0.11	1.04
B	5.0	56.5	37.4	0.04	0.24	1.08

Die Eigenschaften der reinen Schweißgüter von angewendeten Draht-pulverkombinationen wurden nach AWS 5.17 ermittelt.

Sie wurden in **Tabelle 5** zusammengestellt.

2.3 Schweißgutherstellung

2.3.1 Schweißdaten

Die Schweißgüter wurden mit 3 unterschiedlichen Wärmeeinbringungen von 15, 25 und 35KJ/cm hergestellt.

Je nach Streckenenergie wurde unterschiedlicher Zahl der Schweißdrähte von 1 bis 3 verwendet. Die angewendeten Schweißdaten sind in **Tabelle 6** zusammengestellt.

2.3.2 Nahtvorbereitung

Für die Schweißung wurden die Doppel-Y-Nähte mit unterschiedlichem Öffnungswinkel von 60° und 70°, wie **Bild 1**, vorbereitet.

2.3.3 Elektrodenführung

Bei der Mehrdrahtschweißung wurden die 2 und 3. Elektroden jeweils mit 15° und 25° von Senkrecht, wie **Bild 2**, gerührt.

Tabelle 4 Die chemische Zusammensetzung des Schweißdrahts

Normbezeichnung		Zusammensetzung (%)				
JIS	AWS	C	Si	Mn	P	S
W23	EM12K	0.10	0.19	0.97	0.015	0.013

2.4 Untersuchung der Schweißguteigenschaften

2.4.1 Kerbschlagzähigkeit

Kerbschlagbiegeproben nach JIS Z3112 wurden von der Oberfläche 2 mm entfernten Stelle ausgearbeitet. Geprüft wurden die Proben bei 4 unterschiedlichen Temperaturen von 0°, -20°, -40° und -60°C.

2.4.2 Chemische Zusammensetzung

Die chemische Zusammensetzung des Schweißgutes wurde an gleicher Stelle, wo die Kerbschlagbiegeproben herausgenommen wurden, naßchemisch ermittelt. Der Gehalt von Sauerstoff und Stickstoff wurde mit Hilfe des Atomabsorptionsspektrometers analysiert.

2.4.3 Metallographische Untersuchungen

Die Schweißgutgefüge wurde mit optischer Lichtmikroskop untersucht. Die Oberfläche der geprüften Kerbschlagbiegeproben wurde mit Rasterelektronenmikroskop untersucht.

3. Versuchsergebnisse und Diskussion

3.1 Kerbschlagzähigkeit

3.1.1 Einfluß der Schweißpulver

Im **Bild 3** wurde die Kerbschlagzähigkeit der mit unterschiedlichen Schweißpulvern hergestellten Schweißgüter dargestellt. Wie vom **Bild 3** ersichtlich ist, ergibt das mit

Tabelle 5 Die mechanisch-technologischen Eigenschaften der reinen Schweißgüter

Draht-Pulverkombination	Mechanische Eigenschaften				
	R _{0.2} p (kg/mm ²)	(kg/mm ²)	A (%)	Z (%)	Av ¹⁾ -4.0 (kpm)
EM12K-A	52.5	57.4	29.8	61.3	6.5
EM12K-B	47.8	56.3	34.8	68.8	12.9

1) : Mittelwert von 5 Proben

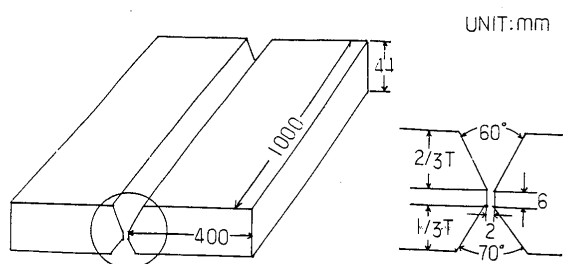


Bild 1 Nahtvorbereitung

dem Schweißpulver B erzeugte Schweißgut tiefere Übergangstemperatur und höhere Kerbschlagzähigkeit von ca. 10 kpm oberhalb der Temperatur von -20°C .

3.2 Einfluß auf die Kerbschlagzähigkeit

3.2.1 Einfluß der chemischen Zusammensetzung

Die mit dem Schweißpulver A und B erzeugten Schweißgüter ergeben unterschiedliche Zusammensetzungen.

In **Tabelle 7** wurde die chemische Zusammensetzung der Eindrahtschweißungen wiedergegeben.

Wie aus **Tabelle 7** erhältlich ist, ergibt das Schweißpulver B einen höheren Gehalt von Mn. Demgegenüber ergibt das Schweißpulver A einen höheren Si- und S-Gehalt im Schweißgut. Diese Unterschiede der Schweißgutzusammensetzungen sind auf die unterschiedlichen

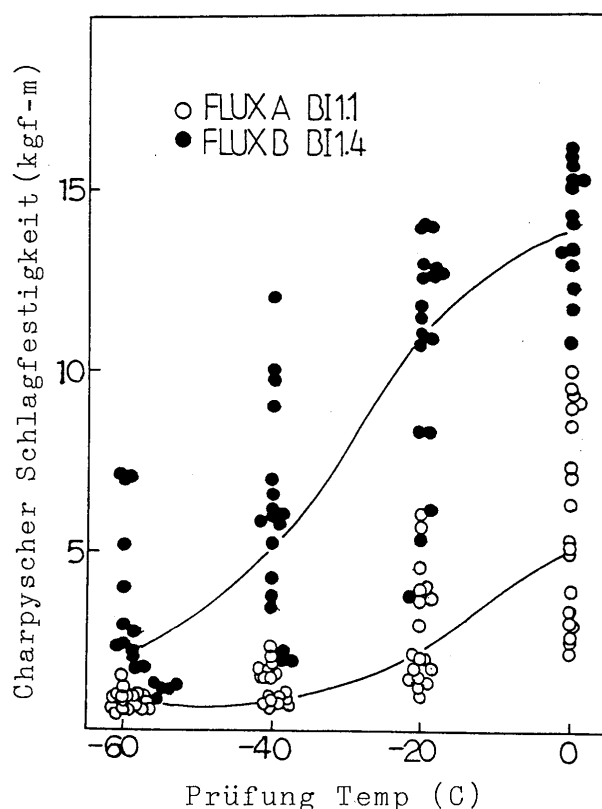


Bild 3 Kerbschlagzähigkeitsverhalten der untersuchten Schweißgüter in Abhängigkeit von den verwendeten Schweißpulvern

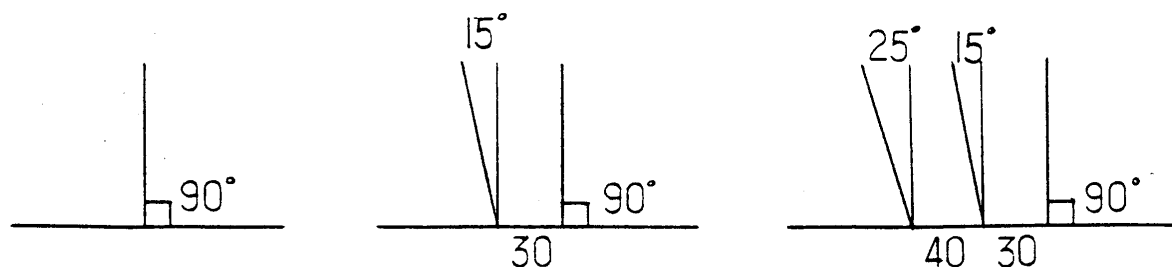


Bild 2 Elektrodenführung

Tabelle 6 Die Schweißdaten

Schweißdraht		Schweißdaten			Wärme- einbring- ung (KJ/cm)	Polarität
Zahl	Nr	Strom (A)	Spannung (V)	Schweiß- geschwindigkeit (cm/min)		
1	1	500	30	60	15	DCEP
2	1	550	32	90	25	DCEP
	2	600	34	90		AC
3	1	500	30	90	35	DCEP
	2	550	32	90		AC
	3	600	34	90		AC

Tabelle 7 Die chemische Zusammensetzung der Eindrahtschweißungen (%)

Pulver	Basizitätsgrad	Zusammensetzungen (%)				
		C	Si	Mn	P	S
A	1.1	0.08	0.76	1.33	0.021	0.026
B	1.4	0.08	0.54	1.47	0.025	0.018

Basizitätsgrade der Schweißpulver zurückzuführen. Die Abnahme von Si-Gehalt im Schweißgut sind durch den erhöhten Hausmannite-Gehalt und reduzierten SiO_2 -Gehalt hervorgerufen.

Die Abnahme von S-Gehalt ist durch die Entschwefelungseffekt des erhöhten CaF_2 - und CaO -Gehalts hervorgerufen.

Einfluß von Si

Um den Einfluß von Si auf die Schweißgutzähigkeit zu ermitteln wurden die Kerbschlagzähigkeiten der unterschiedlich Si-haltigen Schweißgüter bei -20°C im Bild 4 zusammengestellt.

Wie vom Bild 4 erhältlich, wurde die Schweißgutzähigkeit mit abnehmenden Si-Gehalten stark erhöht.

Im Bild 5 wurde die Änderung des Si-Gehalts im Schweißgut in Abhängigkeit von den Basizitätsgrad des Pulvers dargestellt. Wie schon erwähnt, nimmt der Si-Gehalt des Schweißguts mit zunehmendem Basizitätsgrad

des Pulvers ab. Dies stimmt mit den Versuchsergebnissen von Tuliani gut überein [2/].

Einfluß von O_2

Im Bild 6 wurde die Änderung vom Sauerstoffgehalt des Schweißgutes in Abhängigkeit von dem Pulverbasizitätsgrad wiedergegeben. Mit zunehmendem Basizitätsgrad bis zu 2.0 nimmt der Sauerstoffgehalt im Schweißgut stark ab. Es ist anzunehmen, daß der Sauerstoff beim UP-Schweißen mit sauerem Schweißpulver durch die Trennung der höheren Anteil von saueren Oxiden haltigen Tonsorten produziert wird. Nach Terashima [5/] wirkt der im Bereich von 200 – 400 ppm liegende Sauerstoff im Schweißgut als Keimstellen für die Ferritausbildung beim $\gamma \Rightarrow \alpha$ Transformation günstig aus.

Es führt zur Feinkornbildung und dadurch wird die Zähigkeit erhöht. Demgegenüber übt er oberhalb des o.g. Bereichs ungünstigen Einfluß aus, da er als kugelige Oxide gebildet wird. Auch wenn der Sauerstoffgehalt zu niedrig

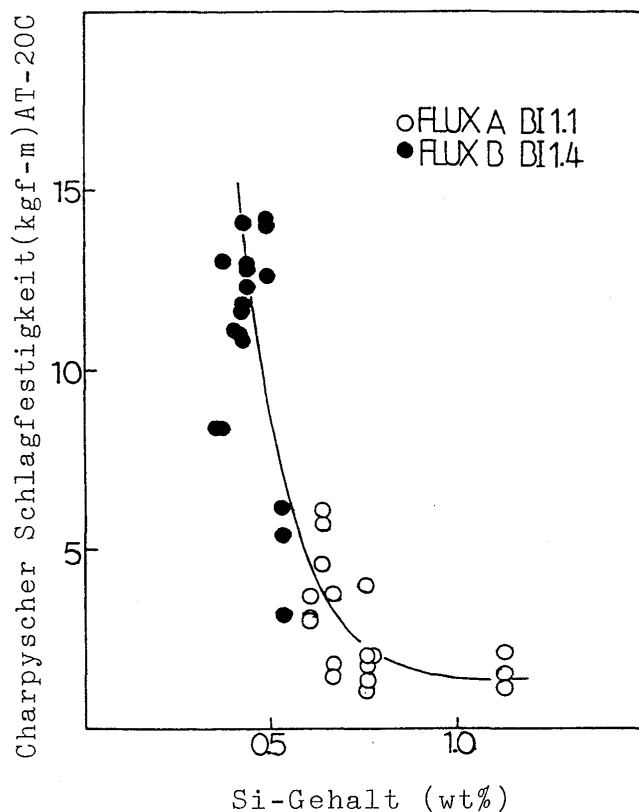


Bild 4 Zähigkeitsänderung der Schweißgüter in Abhängigkeit von dem Si-Gehalt im Schweißgut

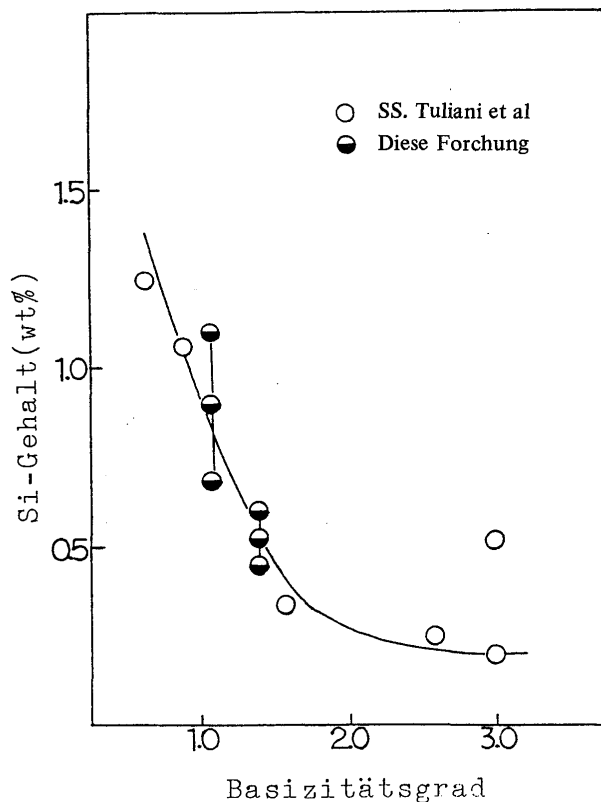


Bild 5 Si-Gehaltsänderung der Schweißgüter in Abhängigkeit von dem Basizitätsgrad der Schweißpulver

ist, wird die Zahl der Keimbildungsstellen stark reduziert. Dadurch werden grobe Korngrenzenferrit und lattenartige Seitenplattenferrit sich in großer Menge gebildet und wird die Zähigkeit verschlechtert.

Einfluß von S

Die Änderung vom S-Gehalt im Schweißgut in Abhängigkeit von dem Pulverbasizitätsgrad wurde im **Bild 7** dargestellt. Der S-Gehalt des Schweißguts nimmt mit der Zunahme des Basizitätsgrads von Pulver ab. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Tuliani /2/ gut überein.

Einfluß von Mn

Der Gehalt von Mn im Schweißgut wird durch die Änderung des verwendeten Pulverbasizitätsgrads geändert, **Bild 8**. Erhöhter Basizitätsgrad ergibt einen erhöhten Mn-Gehalt im Schweißgut. Es ist anzunehmen, daß Mn in bestimmten Konzentrationsbereichen beim Abkühlen des Schweißgutes für die günstige Gefügeausbildung positiv anwirkt.

3.2.2 Änderung der Mikrostruktur

Die mit der Streckenenergie von 15 KJ/cm geschweißten Schweißgutmikrostrukturen sind im **Bild 9** und 10 wiedergegeben. Die dendritisch erstarrte Zone zeigt unterschiedliche Gefüge in Abhängigkeit von den verwendeten Schweißpulverbasizitätsgraden, **Bild 9**. Das mit dem Schweißpulver B hergestellte Schweißgut ergibt einen

niedrigeren Anteil von Korngrenzenferrit und Seitenplattenferrit und einen höheren Anteil von nadeligen Ferrit. Die wiedererwärmte Zone zeigt auch von den verwendeten

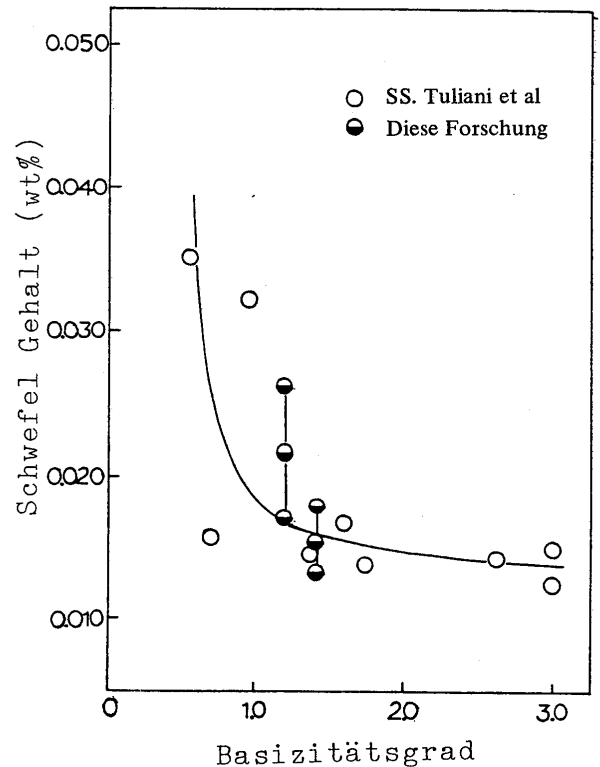


Bild 7 S-Gehaltsänderung der Schweißgüter in Abhängigkeit von dem Basizitätsgrad der Schweißpulver

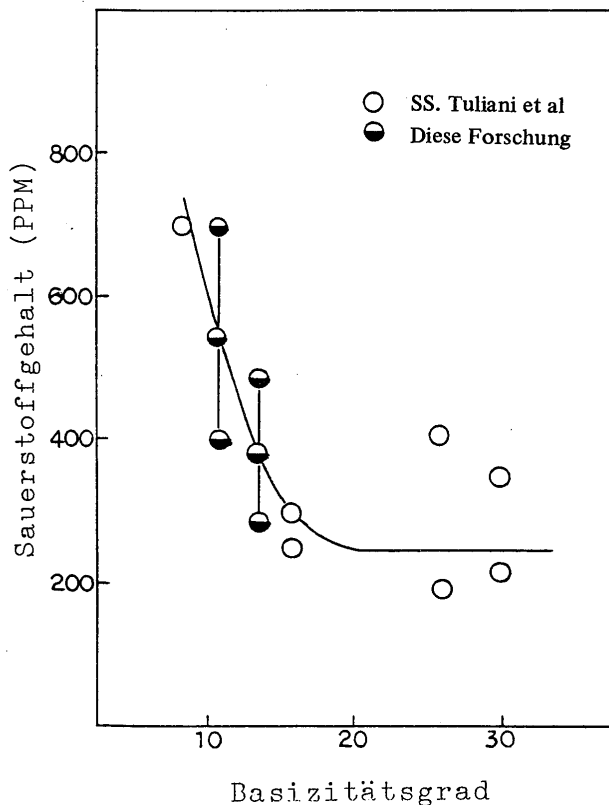


Bild 6 Sauerstoffgehaltsänderung der Schweißgüter in Abhängigkeit von dem Basizitätsgrad der Schweißpulver

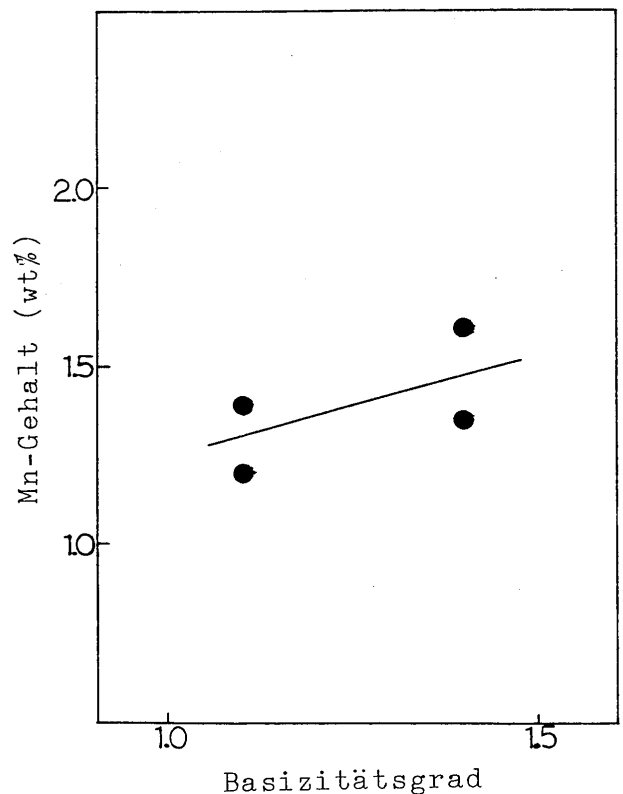


Bild 8 Mn-Gehaltsänderung der Schweißgüter in Abhängigkeit von dem Basizitätsgrad der Schweißpulver

Pulverbasizitätsgrad abhängige Gefügeunterschiede, **Bild 10**. Das mit dem Pulver B hergestellte Schweißgut ergibt die feinere Gefüge in der wiedererwärmten Zone als das mit dem Pulver A geschweißte. Wie aus dem **Tabelle 7** ersichtlich ist, ergibt das Schweißpulver mit höherem

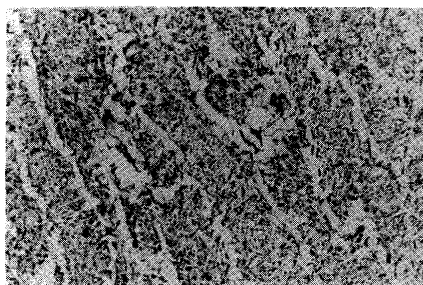
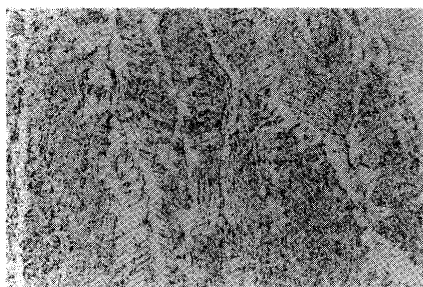


Bild 9 Mikrogefügebilder der dendritisch erstarrten Schweißgüter, 400 fach

- A) Basizitätsgrad des verwendeten Pulvers = 1,1
(Si : 0,76)
B) Basizitätsgrad des verwendeten Pulvers = 1,4
(Si : 0,54)

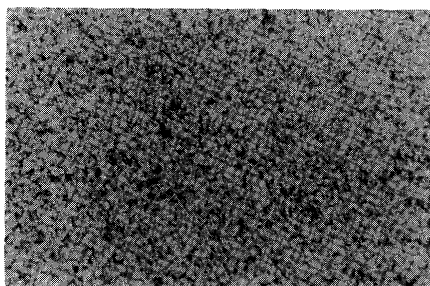
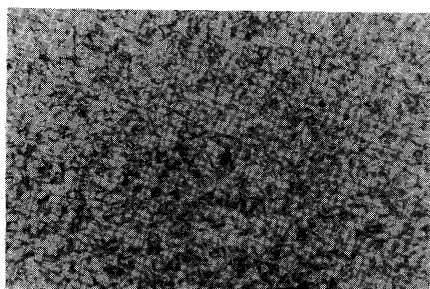


Bild 10 Mikrogefügebilder der wiedererwärmten Schweißgüter, 400 fach

- A) Basizitätsgrad des verwendeten Pulvers = 1,1
(Si : 0,76)
B) Basizitätsgrad des verwendeten Pulvers = 1,4
(Si : 0,54)

Basizitätsgrad (Pulver B: 1.4) einen niedrigeren Si-Gehalt im Schweißgut. Es ist anzunehmen, daß es die Umwandlungstemperatur herabsetzt und dadurch die Bildung von Korngrenzen- und Seitenplattenferrit unterdrückt und die Bildung von nadeligem Ferrit begünstigt wird.

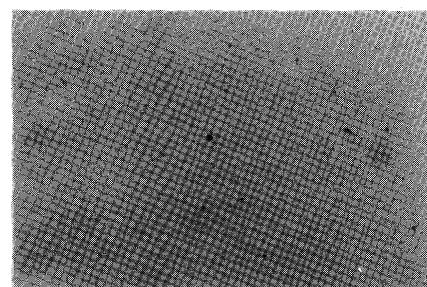
3.2.3 Untersuchung von Einschlüssen und Bruchflächen

Im **Bild 11** wurden die Schliffbilder der ungeätzten Schweißgutproben für das Vergleichen von Form und Verteilung der nichtmetallischen Einschlüssen dargestellt. Der Sauerstoffgehalt der mit dem Pulver A und B hergestellten Schweißgüter beträgt jeweils 720 und 288 ppm.

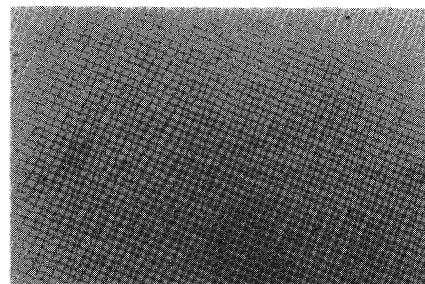
Das höhere sauerstoffhaltige Schweißgut ergibt einen erhöhten Anteil von runden Einschlüssen. Die Ergebnisse des EDXS (Energie Dispersive X-Ray Spectrometer) – Analyse eines im **Bild 11-A** gezeigten Einschlusses wurde im **Bild 12** dargestellt. Der Einschluss wurde schwefelhaltige Al-Si-Oxid festgestellt. Im **Bild 13** wurden die REM-Aufnahmenbilder der Bruchoberfläche von geprüften kerbschlagbiegeproben der mit dem Schweißpulver A und B erzeugten Schweißgüter dargestellt. Wie aus dem **Bild 13** ersichtlich ist, das mit dem pulver A (Basizitätsgrad = 1,1) erzeugte Schweißgut ergibt eine tzpische spröde Bruchoberfläche mit Spaltflächen.

4. Schlussfolgerung

- 1) Untersucht wurden die von dem Basizitätsgrad des



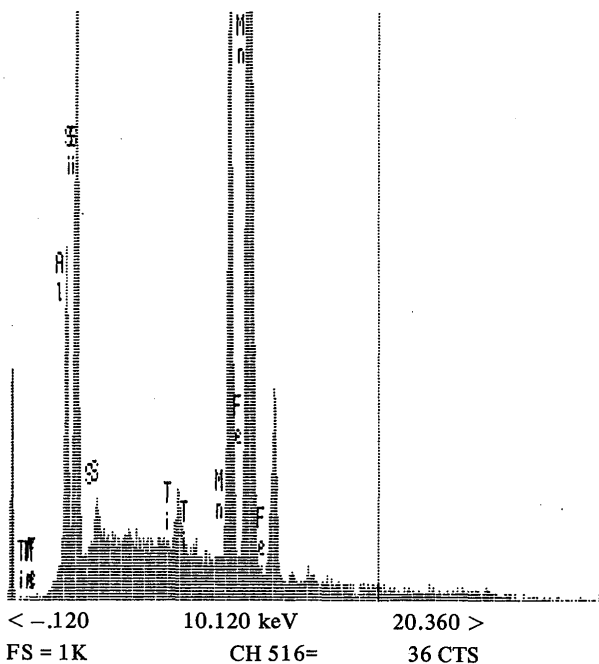
A)



B)

Bild 11 Form und Verteilung der nichtmetallischen Einschlüsse in den Schweißgütern

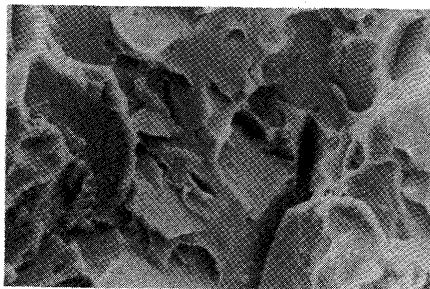
- A) Basizitätsgrad des verwendeten Pulvers = 1,1
(O₂ : 720 ppm)
B) Basizitätsgrad des verwendeten Pulvers = 1,4
(O₂ : 288 ppm)



MEM1:
Bild 12 Ergebnisse der EDXS-Analyse des im Bild 11-A
gezeigten Einschlusses



A)



B)

Bild 13 REM-Aufnahme der Bruchoberflächen der geprüften
Kerbschlagbiegeproben, 1000 fach

- A) Basizitätsgrad des verwendeten Pulvers = 1,1
B) Basizitätsgrad des verwendeten Pulvers = 1,4

Schweißpulver abhängigen Zähigkeitseigenschaften der UP-Schweißgüter: Das mit dem Schweißpulver von 1.4 Basizitätsgrad hergestellte Schweißgut ergibt höhere Zähigkeit als das mit dem Schweißpulver von 1.1 Basizitätsgrad erzeugte im Temperaturbereich von oberhalb -60°C . Bei -40°C beträgt die Zähigkeit des mit dem Schweißpulver von 1.4 Basizitätsgrad hergestellten Schweißgutes 5 kpm und bei -20 und 0°C ergibt sie ca 10 kpm höhere Werte als die des mit dem Schweißpulver von 1.1 Basizitätsgrad geschweißten. Die Ursachen dafür sind wie folgend zu Klären:

- a) Ein höherer Basizitätsgrad des Schweißpulvers ergibt im Schweißgut einen höheren Mn-Gehalt und einen niedrigeren Si-Gehalt.
 - b) Und reduziert im Schweißgut die Menge der nicht-metallischen Einschlüssen durch das Herabsetzen des Sauerstoffgehalts.
 - c) Dadurch wird der Anteil von nadeligen Ferrit in Schweißgutgefüge erhöht und der Anteil von Korngrenzenferrit und Seitenplattenferrit verkleinert.
- 2) Um die Schweißgutzähigkeit im Tieftemperaturbereich (-60°C) zu erhöhen, müssen der Basizitätsgrad des Schweißpulvers erhöht und eine kleine Menge von Ti und B für die Unterdrückung der Gefügeausbildung von ringartigen Korngrenzenferrit zugegeben werden.

Schriftum

- 1) R. Kohno, T. Takami, N. Mori and K. Nagano: New flux of improved Weld metal Toughness for HSLA Steels, Welding Journal, Dec. 1982, Vol 61 PP373–380.
- 2) S. S. Tuliani, A. I. Ceram, T. Boniszewski: Notch Toughness of Commercial SAW Metal. Welding & Metal Fabrication Aug. 1969 Vol. 48, PP327–338.
- 3) Mutsuo Nshnidhi, Yu-ichi Komizo: Effect of O_2 and N_2 on Weld deposit microstructure and toughness for low carbon steel Journal of the Japan Welding Society No. 2 1983 PP229–234.
- 4) H. Terashima, N. Nishiyama and J. Tsuboi: Influence of slag Basicity on Deoxidation in SAW, Journal of the Japan Welding Society Vol. 46, No. 3 1977 PP57–63.
- 5) H. Terashima and J. Tsuboi: Submerged Arc flux for Low Oxygen and Hydrogen Weld Metal, Metal Construction Vol. 14, No. 12, Dec. 1982 PP2–26.
- 6) T. W. Eager: Sources of Weld Metal Oxygen Contamination During Submerged Arc Welding, Welding Journal, March 1978, PP76–80.