Osaka University Knowledge Archive

Title	Unterwasser-MIG-SchweiBung mit Wasservorhangensystem in besonderem tiefen Wasser
Author(s)	Arata, Yoshiaki; Hamasaki, Masanobu; Sakakibara, Jituo
Citation	Transactions of JWRI. 1981, 10(1), p. 27-32
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/3992
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

Unterwasser-MIG-Schweißung mit Wasservorhängensystem in besonderem tiefen Wasser†

Yoshiaki ARATA*1, Masanobu HAMASAKI*2 und Jitsuo SAKAKIBARA*2

Präambel

Die Unterwasser-MIG- Schweißung mit Wasservorhängensystem unter bis 200 m Wassertiefe entsprechendem Druck wurde ausgeführt, und grundlegende Fragen der Phänomen in tiefem Wasser, z.B. Lichtbogenphänomen, Spritzerrate, Wasserstoff-Gehalt oder chemischer Gehalt im Schweißmetal wurden ins klare gebracht.

Diese Wissen wurden auf das Stumpfnahtsschweißen in 200 m tiefem Wasser angewandt. Die Schweißstelle hatte keine Nachteile und zeigte günstige mechanischen Eigenschaften.

KEY WORDS: (Underwater-MIG-Welding) (Water Curtain Method) (Under Deep Water) (Spatter Ratio) (Hydrogen Content)

1. Einleitung

Auf die Unterwasserschweißung des Seeaufbaus, insbesondere der Ölleitung ist in der Regel eine Trockenmethode erfolgreich angewandt[1]. Aber es gibt dabei mehrere Nachteile, z.B. sie ist sehr kostbar, oder auf die komplexförmigen Schweißstellen bzw. die Notausbesserung ist nicht leicht anzuwenden. Da die sogenannte Unterwassernaßmethode mit umhüllter Elektrode Gasblase, Schlackeneinschluß und Zunahme der Harte bzw. des Hydrogenabsorbierungsmaßes verursacht, ist die Qualität der Schweißstelle nicht befriedigend[2].

Diese Verfasser haben bis jetzt folgendes schon erklärt: Auch durch die Unterwassernaßschweißmethode ergeben sich günstige Unterwasserschweißstellen weder mit großen Änderungen durch Lichtbogen oder gebildete Schweißraupen noch mit Entstehung von vielen diffusibaren Wasserstoffen.

Diese Darstellung erwähnt, daß sich bevorzugte Schweißstellen durch die oben genannte Unterwasserschweißmethode bei 200 m Wassertiefe entsprechendem Wasserdruck erwerben lassen.

2. Versuchsverfahren

Abb. 1 zeigt eine Hochdruckskammer, die in diesem Experiment verwendet wurde. Ein Draht für Schweißung und ein Drahtvorschubgerät sind da darin angeordnet. Die Hochdruckskammer hat ein Einstellungsgerät, mit dem man Spannung, Strom, Schweißgeschwindigkeit oder Wasservorhängenmenge regulieren kann. Nachdem die Kammer mit Brunnenwasser drei Viertel erfüllt wurde, drückt sie der Kompressor, so daß ein erforderlicher Wassertiefe entsprechender Druck erworben wird. Während der Schweißung läßt sich der innere Druck innerhalb ± 2.5% kontrolieren.

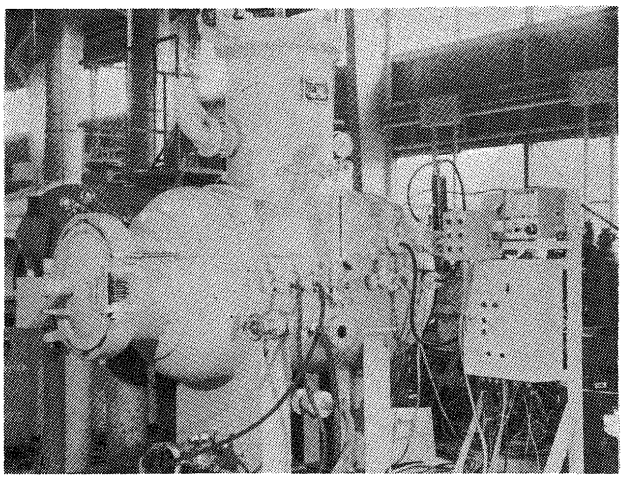


Abb. 1 Hochdruckskammer in diesem Experiment

Als Schweißstromquelle ist eine horizontalstatische Charakteristik für 500 A und bei mehr als 45V Lichtbogenspannung eine Doppelschweißstromquelle verwendet. Der Schweißdraht besteht aus einem weichen Stahl mit 1.2 mmϕ.

† Received on March 31, 1981

*1 Professor, Director of Research Center for Ultra High Energy Density Heat Source

*2 Metal and Machine Dep. of Government Industrial Research Institute, Shikoku

Transactions of JWRI is published by Welding Research Institute of Osaka University, Suita, Osaka, Japan

3. Prinzip der Unterwasser-MIG-Schweißung mit Wasservorhängensystem

Um in der Unterwasserlichtbogennaßschweißmethode ein gutes Ergebnis zu erreichen, muß das Wasser um den Lichtbogen herum genügend ausgeschlossen werden. Das Prinzip der Wasservorhängenmethode ist folgendes: Indem Wasservorhänge um den Schutzgasstrom geflossen werden, läßt sich das Verhalten des Schutzgasstrom im Wasser stabilisieren. Abb. 2 zeigt ein Beobachtungsergebnis durch einen zweidimensionalen Muster. Falls keine

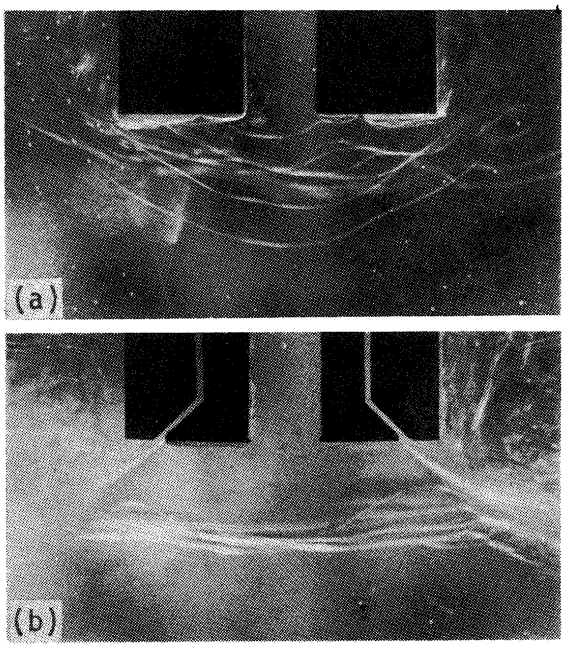


Abb. 2 Zweidimensionaler Muster-Experiment
(a) ohne Wasservorhänge
(b) mit Wasservorhänge

Wasservorhänge verwendet sind, wie (a) zeight, werden Gasschäume als mehrere großen Mengen herausgelassen, insbesondere, kurz nachdem große Schäume auf das Wasser herkamen, überschwemmt das Wasser gerade unter die Düse für Schutzgas. Durch diese unregelmäßige Überschwemmung verschwindet der Lichtbogen, so daß er nicht mehr kontinuierlich erhalten werden kann. Wenn Wasservorhänge dagegen verwendet werden, wie (b) zeigt, werden Schäume dadurch kleinkörnig geformt, und damit wird die Druckschwankung durch Gasschäume reduziert, so daß ein stabiler Schutzbereich gestaltet wird. In diesem Bereich überschwemmt kein Wasser, und daher kann der Lichtbogen so gut erhalten werden, daß sich günstige Schweißungen ergeben.

4. Ergebnis und Betrachtung

4.1. Einflüsse des Drucks auf Lichtbogenphönomen

Abb. 3 zeigt Verhältnisse zwischen Lichtbogenspannung und scheinbarer Lichtbogenlänge unter bestimmtem Druck. Die Gefälle sind zwar verschieden, aber je höher

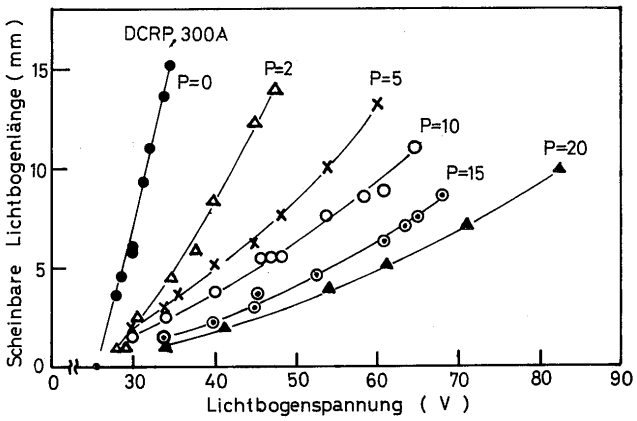


Abb. 3 Verhältnisse bei bestimmtem Druck zwischen Lichtbogenspannung und scheinbarer Lichtbogenlänge

der Druckkraft steigt, desto länger wird die Lichtbogenlänge fast in gerader Linie mit der steigenden elektrischen Spannung. Da die Elektropotential bei steigendem Druck aufsteigt, wird die Änderung der Lichtbogenspannung selbst bei der geringeren Änderung der Lichtbogenlänge großer. Bei über 15 kg/cm^2 Meßgerät Druck läßt sich weder stabile Spannungen noch stabile Stromwellen erwerben, wie unter Atomosphäre. Als Voraussetzungen der Schweißung bei einer bestimmten Lichtbogenlänge wählten wir diejeniege Lichtbogenspannung aus, die je Wassertiefe entspricht.

Abb. 4 zeigt Verhältnisse zwischen Lichtbogenspannung und Drahtsvorschubgeschwindigkeit bei 300 A bes-

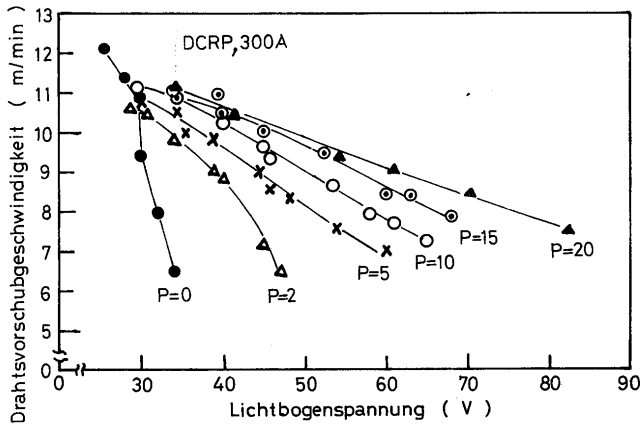


Abb. 4 Verhältnisse zwischen Lichtbogenspannung und Drahtsvorschubgeschwindigkeit bei 300A bestandigem Strom

tändigem Strom. Bei jedem Druck sinkt die Drahtsabschmelzgeschwindigkeit mit steigender Lichtbogenspannung. Dies dürfte auf der Zunahme der Lichtbogenlänge, nämlich auf der Abnahme des freien Elektrodenendes beruhen. Deswegen erhöht sich die Drahtsabschmelzgeschwindigkeit bei steigender Wassertiefe, wenn die Lichtbogenspannung beständig ist. Aber bei beständiger Lichtbogenlänge (beständigem freien Electrodenende) neigt eher die Drahtsabschmelzgeschwindigkeit bei steigender Wassertiefe sich zu vermindern. Dies dürfte auf der Formänderung der Drahtspitze sowie der Zunahme des Kalorienverlustes beruhen.

4.2. Spritzer bei hohem Druck

Es ist schon bekannt, daß sich der Spritzer in der MIG-Schweißmethode bei mehr als 60 m Wassertiefe erhöht, aber fast keine quantativen Messungen sind bis jetzt versucht. Abb. 5 zeigt Verhaltnisse zwischen Lichtbogenspannung und Spritzerrate bei je Druck. Bis 10 kg/cm^2

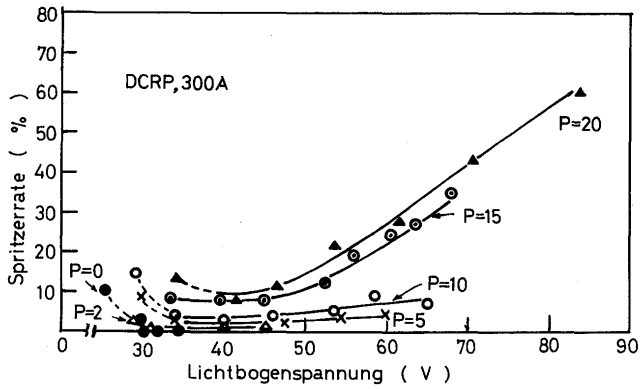


Abb. 5 Verhältnisse zwischen Spritzerrate, Lichtbogenspannung und Umgebungsdruck

M.D. ist der Spritzer sehr wenig, aber ab 15 kg/cm^2 M.D. beginnt sie bei über 50V Lichtbogenspannung zuzunehmen und erhöht sich dann bei steigender Lichtbogenspannung rasch.

Um in besonderem tiefen Wasser den Spritzer zu vermindern, ist zwar eine Werkstoffübergang im Kurzschluß beim kleinen Strom auch wirksam, aber wir erforschten hierbei eine andere Maßregel, damit sich hervorragende Schweißungsteile erwerben lassen, indem man mit dem sprühregenartigen Werkstoffübergang beim großen Strom den Lichtbogen stabilisiert und den Spritzer reduziert. Nach dem Ansicht, nach dem die Entstehung des Spritzers bei 300A Strom unter dem Hochdruck auf dem Globtropfenübergang beruhen dürfte, weil der die Sprühregentransformation zu erreichende Grenzstromwert beim Hochdruck erhöht wird, ermittelten wir zuerst das Verhaltnis zwischen dem Stromwert und der Spritzerrate bei 20 kg/cm^2 M.D.. Die Spritzerrate wie Abb. 6 zeigt, reduziert sich rasch bei 250 bis 300A Strom und stabilisiert sich zwischen 12 und 15% bei über 300A Strom. Man braucht

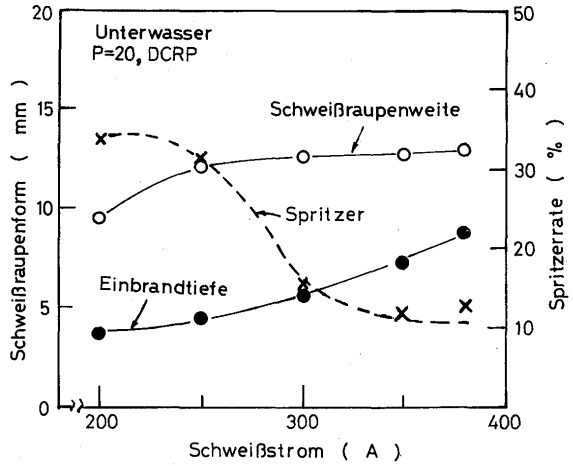


Abb. 6 Einflüsse vom Schweißstrom auf Spritzer und Schweißraupenform

zwar je nach der Zunahme des Drucks den Stromwert zuzunehmen, aber es ergibt sich, daß der Stromwert 300A bei 20 kg/cm^2 M.D. schon ein Übergrenzstromwert ist, und daß sich der Spritzer lediglich durch die Zunahme des Stroms nicht hemmen läßt. Nun versuchten wir gewiß, durch den Draht mit dem Rare-Earth-Metal (La und Ce : 180 ppm) den Lösungstropfenübergang zu stabilisieren, jedoch keine wesentliche Löschung des Spritzers erreicht, ausgenommen daß sie sich nur bei niedrigem Spannungsbereich zwischen etwa 30 und 40V ergab.

Ein anderer Lösungsweg ist in Argon Oxygen zuzusetzen. Abb. 7 zeigt Schweißraupenform in dem jenigen Fall, in dem unter 1 sowie 200 m tiefem Wasser ein Mischugsgas mit voll Ar und Ar + 3%O_2 verwendet wird. Unter 200 m tiefem Wasser sind durch die Verwendung des Mischungsgases der Spritzer ersichtlich reduziert. Abb. 8 zeigt Verhältnisse zwischen Zusatzmaß des O_2 und Spritzerrate unter 200 m tiefem Wasser. Die Schweißraupenform ist auch gezeigt. Der Spritzer wird mit steigendem O_2-Zusatz reduziert, und mit 6%O_2-Zusatz werden sie ca. 50% auf voll Ar-Gehalt. Aber mit mehr als 6%O_2 wird die Schweißraupenwelle rauh und mit 12%O_2 sind auch Löcher sichtbar. Der Sauerstoff-Gehalt im Schweißmetal nimmt mit steigendem Sauerstoff Zusatz zu, und nach dem Ansicht von mechanischen Eigenschaften, insbesondere von der Stoßbeansprunchung ist empfohlen, O_2-Zusatzmaß möglichst wenig zu kontrolieren. Außerdem nehmen die Einbrandtiefe mit steigendem O_2-Gehalt und auch die Schweißraupenweite bis 3%O_2-Gehalt zu. Daher ist der O_2-Zusatz auch für die

Schweißraupenform wertvoll.

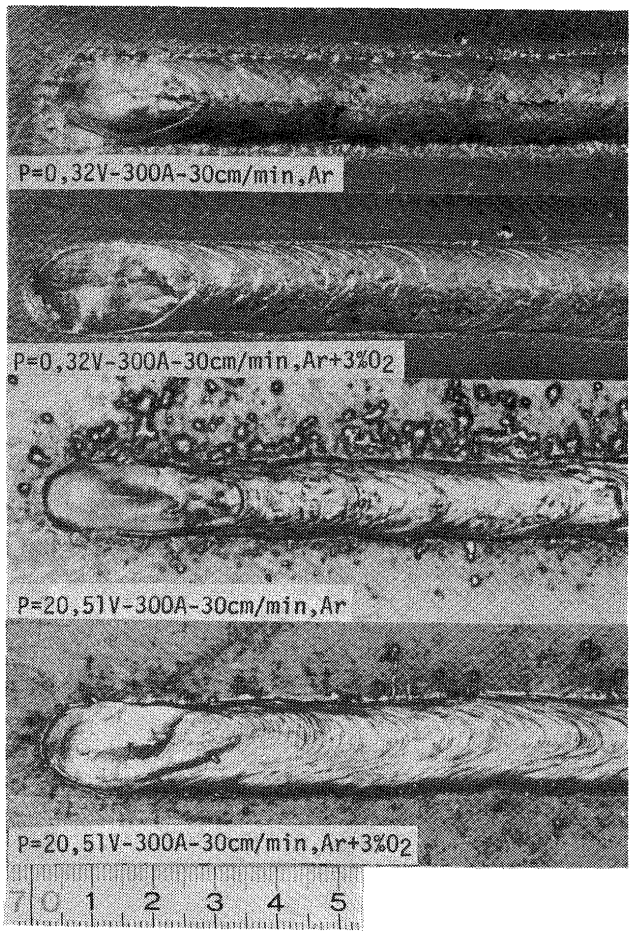


Abb. 7 Einflüsse von $Ar+O_2$ unter 1 sowie 200 m tiefem Wasser

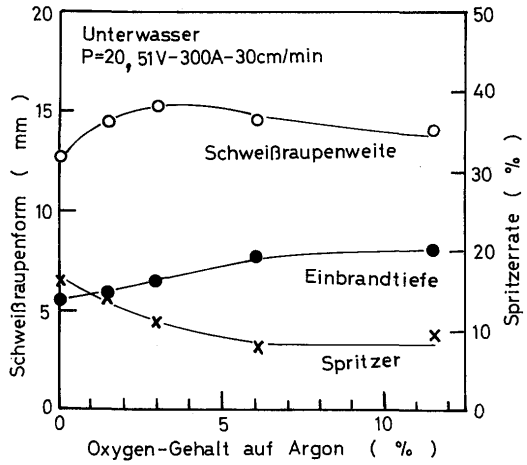


Abb. 8 Einflüsse von Oxygen auf Spritzer und Schweißraupenfrom

4.3. Wasserstoff-Gehalt im Schweißmetal

Unter 20 cm seichtem Wasser beträgt der diffuse Wasserstoff unter der Voraussetzung der Kurzschlußlichtbogen sowie Sprühregenlichtbogen (gemäß JIS) bei gewöhnlicher Schweißgeschwindigkeit zwischen 20 und 40 cm/min jedenfalls weniger als 2cc/100 g. Das Ergebnis ist viel günstiger als bei anderen Unterwassernaßschweißmethoden.

Der diffuse Wasserstoff-Gehalt in besonderem tiefen Wasser ist nicht leicht zu messen, weil man viel Zeit braucht, den inneren Druck und das Wasser im Tank abzunehmen. Deswegen vermuteten diese Verfasser nach der Abmessung des nicht-diffusen Wasserstoff-Gehalts. Abb. 9 zeigt den nicht-diffusen Wasserstoff-Gehalt bei je Wassertiefe. Unter hohem Druck beträgt der Wasserstoff-

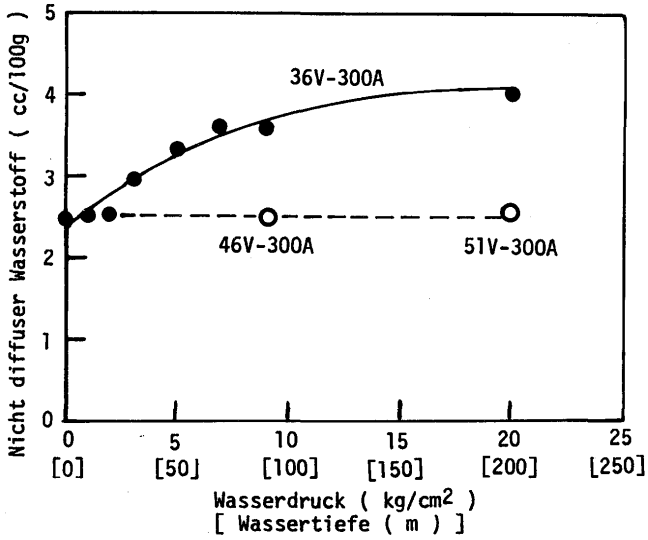


Abb. 9 Nicht diffuser Wasserstoff Gehalt in tiefem Wasser

Gehalt z.B. bei 200 m Wassertiefe und bei 51V Lichtbogenspannung fast gleich wie in seichtem Wasser. Darüber hinaus ergibt es sich, daß eine wenigen Wasserstoff-Gehalt enthaltende Schweißstelle ohne Beziehung zu Wassertiefe erworben wird, wenn man vernünftig Schweißbedingungen bestimmt.

4.4 Gehalte vom Schweißmetal

Es gibt schon mehrere Berichte über verschiedene Schweißmethoden, in denen Einflüsse von Wassertiefe auf Si, Mn oder C-Gehalt im Schweißmetal geschildert sind. Diese Ergebnisse sind zwar je nach Berichtern oder Schweißmethoden verschieden, aber die meisten geben an, daß der Gehalt von der Wassertiefe abhängt.

Abb. 10 zeigt Verhältnisse zwischen Wassertiefe und chemischem Gehalt im Schweißmetal unter bestimmten

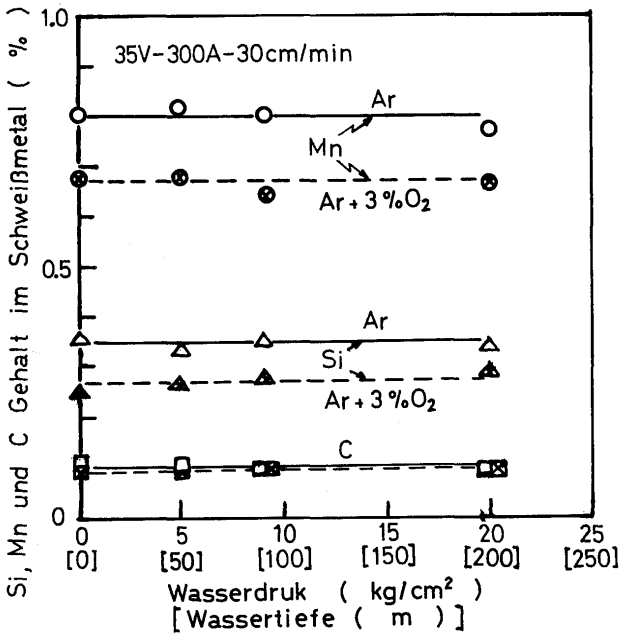


Abb. 10 Einfluß von Wassertiefe auf chemischen Gehalt im Schweißmetal

Schweißbedingungen. Der Gehalt vom Schweißmetal ist mit jedem Schutzgas, ob es voll Ar oder Ar + 3%O_2 ist, nicht je nach Wassertiefe beeinflußt und stabilisiert sich. Mit Ar-Gas ändert er sich nicht, selbst wenn die Lichtbogenspannung geändert wird. Deswegen ist es offensichtlich, daß die Schweißumgebung inert erhalten ist. Mit steigendem O_2-Zusatz werden Si und Mn als Desoxidationsgehalt natürlich reduziert. Aber falls sich die O_2-Zusatzrate stabilisiert, wird der Desoxidationsgehalt mit steigender Lichtbogenspannung reduziert, und falls sich die scheinbare Lichtbogenlänge stabilisiert, wird es mit steigender Wassertiefe reduziert. Die erste Angabe beruht einerseitz darauf, daß die Reaktionszeit im Transferprozeß zu Lösungstropfen mit steigender Lichtbogenspannung, d.h. steigender Lichtbogenlänge zunimmt, und die zweite Angabe beruht andererseitz darauf, daß der zur Oxydation beitragende Oxygenpartialdruck damit aufsteigt. Deswegen braucht man im allgemeinen mit steigender Wassertiefe die O_2-Zusatzrate zu vermindern.

4.5. Stumpfnahtschweißen und mechanische Eigenschaften

Beim Schweißen in 200 m tiefem Wasser braucht man Stabilisierung der Lichtbogen, Schweißraupenform, Spritzer, Rauch, Wasserstoffenmenge und Gehalt des Schweißmetals zu betrachten und eine beste Schweißbedingung auszuwählen. Nach dem Aspekt der Lichtbogenstabilisierung, Schweißraupe und Wasserstoffmenge ist es erforderlich, höheren Lichtbogenspannung einzustellen. Um den Spritzer und Rauch zu erniedrigen, ist es dagegen erforderlich, niedrigeren Lichtbogenspannung einzustellen. Andererseits ist es gegen den Spritzer auch wirksam, O_2 zuzusetzen, aber man muß dabei in Erwägung ziehen, daß allzu viel O_2-Zusatz die Zunahme des Sauerstoffs im Schweißmetal bringt und dadurch mechanische Eigenschaften schlecht beeinflußt. Nun bestimmten die Verfasser als eine kompromiße Bedingung folgendes: Ar + 3%O_2 Schutzgas, 600 Nl/min Gasstrom, 15 l/min Vorhängenwasserstrom.

Abb. 11 zeigt, daß ein Weichstahl mit 12 mm Dicke durch zwei Durchgänge in der Stumpfnaht geschweißt

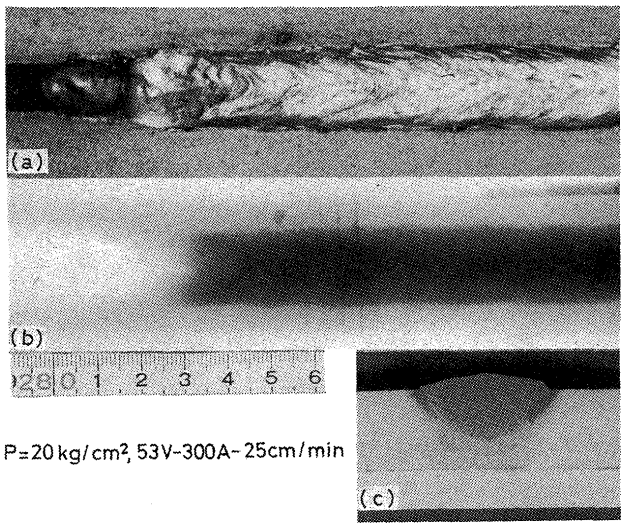


Abb. 11 Ergebnis vom Stumpfnahtschweißen aus einem weichen Stahl mit 12 mm Dicke durch zwei Durchgänge in 200 m tiefem Wasser

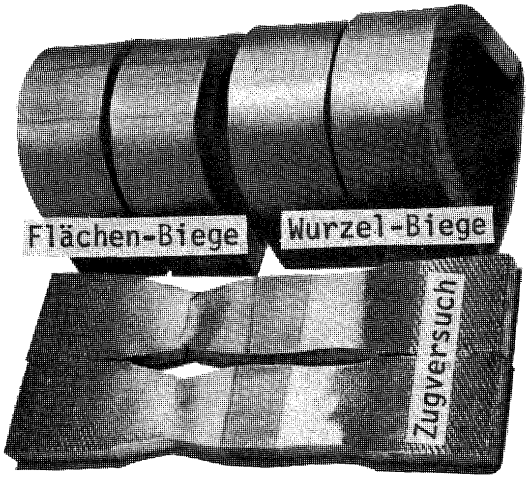
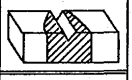


Abb. 12 Ergebnis von Zugversuch und Biegeversuch

wurde. Beim Stumpfnahtschweißen entsteht die Lichtbogen in der Naht und hemmt dadurch das Auseinanderfliegen des Spritzers. Der Spritzer läßt sich zwar an sich wegen der antikorrosiven Farbe an die Muttermaterialoberfläche nicht ankleben, allerdings ergab sich eine einwandfreie Schweißstelle mit wenigen Spritzern.

Abb. 12 zeigt ein Ergebnis der Zugversuch und Biegeversuch der oben angegebenen Stumpfnahtschweißstelle. Tabelle 1 zeigt ein Ergebnis der Charpy-Schlagprobe. Beides ergibt sich günstig.

Tabelle 1 Ergebnis von Charpy-Schlagprobe bei 0°C (kg-m)

Wassertiefe (m)	Schweißbedingungen		
50	40V-300A-25cm/min Ar	5.7	4.6
50	40V-300A-25cm/min Ar+3%O2	12.0	8.8
200	53V-300A-25cm/min Ar+3%O2	5.9	5.9
Oberfläche (P=5)	40V-300A-25cm/min Ar	6.3	6.7

5. Zusammenfassung

Durch Unterwasser-MIG-Schweißmethode mit Wasservorhängen führten die Verfasser Unterwasserschweißen bei bis 200 m Wassertiefe entsprechendem Druck aus, und sie ermittelten grundsätzliche Phänomen und wandten damit auf Stumpfnahtschweißen an. Hauptergebnisse setzen sich folgendes zusammen.

(1) Der Spritzer stieg mit steigender lichtbogenspannung bei über 150 m Wassertiefe rasch auf.

(2) Durch Verwendung vom gemischten gas mit Ar und O_2 als Schutzgas reduzierte sich der Spritzer.

(3) Wasserstoffmenge vom Schweißmetal in besonderem tiefen Wasser wurde durch die Abmessung von nichtdiffusem Wasserstoff so wenig wie in seichtem Wasser angenommen.

(4) Falls Schweißbedingungen beständig sind, änderte sich das chemische Gehalt in der Schweißstelle mit der Änderung der Wassertiefe nicht.

(5) Bei bis 200 m Wassertiefe entsprechendem Druck gab es keine Nachteile in der Stumpfnahtschweißstelle, und sie zeigte günstige mechanischen Eigenschaften.

Schrifttum

1) H. -G. Schafstall und R. Schaefer, "Trocken-Schweißen unter Wasser – Entwicklungsaktivitäten für die Meerestechnik" Schweißen und Schneiden, 31-9, p347, 1979.

2) H. -G. Schafstall und R. Schaefer, "Naßschweißen unter Wasser – Entwicklungsaktivitäten für die Meerestechnik" Schweißen und Schneiden, 31-5, p186, 1979.

3) M. Hamasaki, J. Sakakibara and Y. Arata, "Underwater MIG welding – High pressure chamber experiments" Metal Const., 8-3, p108, 1976.

4) Y. Arata, M. Hamasaki and J. Sakakibara, "Underwater MIG welding using wire brush nozzle – High pressure chamber experiment" IIW., Doc. XII-B-280-80.