

# DAS CO<sub>2</sub>-POSITIONSSCHWEISSEN

Von

F. GILLEMOT und M. HORVÁTH

(Eingegangen am 28. Februar 1964)

In den letzten Jahren hat das CO<sub>2</sub>-Schweißen auch in Ungarn starke Verbreitung gefunden, doch beschränkt sich seine Anwendung hier auch heute noch vornehmlich auf das Verbindungs- und Auftragsschweißen horizontal gelagerter Bleche und Platten.

In der sowjetischen und in der westlichen Industrie bedient man sich des Verfahrens auch beim Positionsschweißen, so daß es in wachsendem Umfang auch im Schwermaschinen- und Schiffsbau sowie in der Montage von Rohrleitungen und chemischen Anlagen Eingang gefunden hat.

Das CO<sub>2</sub>-Verfahren kennt zwei Varianten, das Schweißen mit Normal- und mit Mikrodrähten. Die Beschreibung und die technologischen Parameter des Normaldrahtschweißens finden sich bei VIZKELETY [1], bei KONKOLY u. Mitarb. [2] sowie bei MECYERI [3]. Das Schweißen mit Mikrodrähten ist demgegenüber weniger bekannt.

## Das Mikrodrahtschweißen

Das Mikrodraht- oder auch Kurzbogenschweißen (Dip-transfer-Process) haben LESCHNEWICH [4], ZARUBA [5] und BRIMBLE [6] beschrieben.

Die Einrichtung gleicht weitgehend der für das Normal-CO<sub>2</sub>-Schweißen bestimmten, ist jedoch kleiner als diese. Der Brenner hat keine eigene Kühlung, und vielfach enthält er auch die Drahttrommel und das Drahtvorschubgerät. Als Stromquelle dient ein Dynamo von 200—250 A mit waagrecht charakteristischer oder ein Transformator mit Gleichrichter. Zum Schweißen wird ein dünner, mit hoher Stromdichte belasteter und mit hoher Geschwindigkeit vorgeschobener Draht von 0,6 mm Durchmesser verwendet.

Nach TUTHILD [7] schmilzt der Draht folgendermaßen ab: Der Lichtbogen erhitzt die Spitze des Drahtes sowie das Werkstück (Abb. 1a), am Ende des Drahtes bildet sich ein kleiner Tropfen (Abb. 1b), der in die Schmelze hineinreicht und einen Kurzschluß auslöst (Abb. 1c). Durch die Joulesche Wärme erhitzt, schnürt sich der Draht unter der Einwirkung des Pinch-

Effektes ein (Abb. 1d) und reißt ab, wobei die Oberflächenspannung den Tropfen in die Schmelze zieht, während der Lichtbogen von neuem zündet (Abb. 1e).

Untersuchungen mit Hilfe von Zeitlupenaufnahmen und Oszillographen haben nachgewiesen, daß beim Schweißen sekundlich etwa 200 Kurzschlüsse zustande kommen.

Diese Tropfenübertragung durch die Oberflächenspannung ist es, die das Verfahren zum Positionsschweißen so vorzüglich geeignet macht. Es gestattet die leichte Überbrückung 4—5 mm großer Stoßfugen und liefert saubere, schlackenfreie Nähte.

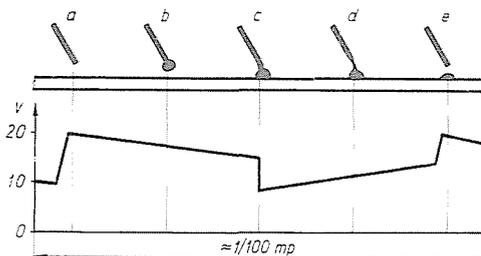


Abb. 1. Tropfenübertragung beim Mikrodraht- $\text{CO}_2$ -Schweißen

Seine Anwendung hat sich besonders bei Konstruktionen aus dünnen (1—5 mm dicken) Blechen sowie beim Positionsschweißen von Rohrleitungen u. dgl. bewährt.

### Normal- $\text{CO}_2$ -Schweißen in Position

Die Geräte für das Normal- $\text{CO}_2$ -Schweißen eignen sich ohne jeden Umbau auch zum Positionsschweißen. Lediglich die schweren, wassergekühlten Brenner müssen gegen leichte ausgewechselt werden, die ihrerseits entweder mit dem expandierenden  $\text{CO}_2$  oder durch Spülung mit  $\text{CO}_2$  bzw. mit Druckluft gekühlt werden.

Bei Positionsarbeiten spielt die Tropfenübertragung in das Schmelzbad eine ausschlaggebende Rolle. Beim normalen  $\text{CO}_2$ -Verfahren schmelzen je Minute weit weniger Tropfen ab als beim Mikrodrahtschweißen.

Den Abschmelzvorgang beschreiben SMITH [8] und NEEDHAM [9] folgendermaßen: Der Lichtbogen erhitzt das Grundmaterial und die Spitze des Drahtes (Abb. 2a), an diesem bildet sich ein Schmelzetropfen (Abb. 2b), der ständig größer wird und den die Lichtbogenkräfte seitlich schleudern (Abb. 2c), bis ihn der Pinch-Effekt von der Drahtspitze zum Abreißen bringt

(Abb. 2d), worauf er unter der Einwirkung der Schwerkraft und unter der Blaswirkung des Lichtbogens an dessen Rand in das Schmelzbad tropft (Abb. 2e).

In der Versuchswerkstatt des Angyalfölder Werkes der Ungarischen Schiffswerft und Kranfabrik haben wir zur Ermittlung der zweckmäßigsten Technologie Messungen vorgenommen, wobei wir von den bei KOROTKOW [10], BERGER [11] und WINOGRADSKI [12] vorgefundenen Unterlagen ausgingen.

Die Versuche führten wir mit einem Oerlikon-Citofil-Gerät und mit ungarischen Drähten VTi-1,  $\varnothing$  1,2 mm durch. Dieser titanhaltige Draht brennt glatt, fast ohne jedes Spritzen ab, eine Tatsache, die ihn zum Positions-

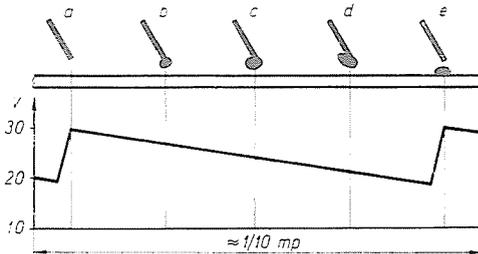


Abb. 2. Tropfenübertragung beim normalen CO<sub>2</sub>-Schweißen

schweißen sehr geeignet macht. Wenngleich dünnere Drähte vorteilhafter sind, kann selbst mit Drähten von 1,5 mm  $\varnothing$  in jeder Position gearbeitet werden, wobei die technologischen Parameter die gleichen sind wie beim Schweißen mit  $\varnothing$  1,2 mm Drähten.

Beim Positionsschweißen verursacht der unruhige Bogen und die Übertragung der Schmelze in großen Tropfen gewisse Schwierigkeiten, doch kann diesen durch Wahl geeigneter Schweißparameter begegnet werden.

Mit abnehmender Spannung verkürzt sich der Lichtbogen, die Tropfen werden kleiner, so daß die Blaswirkung des Lichtbogens besser zur Geltung kommt und die Schmelze an die gewünschte Stelle befördert wird.

Da ein übermäßig großes Schmelzbad herabrinnt, mäß mit kleinen Stromstärken und mit geringer Drahtvorschubgeschwindigkeit geschweißt werden. Dies wieder bedingt eine niedrige Stromdichte und damit eine sehr geringe Einbrandtiefe (etwa 0,5–2 mm), so daß sich eine gute und verlässliche Verbindung nur durch sorgfältige Vorbereitung und durch überlegte Wahl der Arbeitstechnik erzielen läßt.

Beim Schweißen gerader Nähte muß der Brenner sehr rasch, beim Bogenschweißen hingegen breit, U-förmig ausladend und schneller als beim Handschweißen geführt werden, weil sonst das voreilende Schmelzbad das Grundmaterial vom Lichtbogen trennt und eine kalte Vernarbung zustande kommt oder die Wurzel nicht einschmilzt (Abb. 3).

Der Lichtbogen läßt sich leichter halten und auch das Spritzen kann vermindert werden, wenn man dem Kohlendioxyd 6–10% Argon beimischt. Der  $\text{CO}_2$ -Verbrauch beträgt 12–15 l/min.

Beim Lotrechtschweißen schweißt man dünne Bleche zweckmäßig von oben nach unten, stärkere Bleche von unten nach oben.

Beim horizontalen (d. h. beim Waagrechtsschweißen an lotrechten Wänden) sowie beim Überkopf-Kehlnahtschweißen hat sich wegen der besseren Sicht das Nach-Rechts-Schweißen bewährt. Die technologischen Parameter des Überkopfschweißens stimmen mit jenen des Überkopf-Kehlnahtschweißens

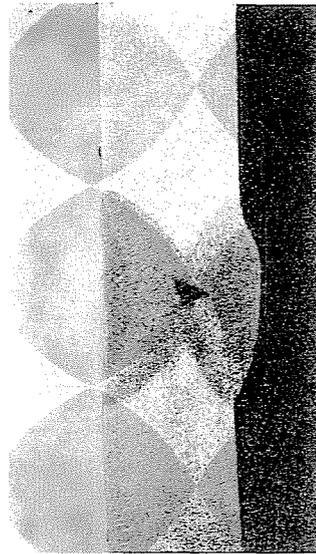


Abb. 3. Infolge langsamer Brennerführung entstandener Stoßfehler in einer von oben nach unten geschweißten 6-mm-V-naht

überein, doch eignen sie sich nicht zur Anfertigung von Wurzeln.

Die Haltung und Führung des Brenners in den verschiedenen Schweißpositionen veranschaulicht Abb. 4.

Mit einiger Übung lassen sich beim Positionsschweißen nach dem  $\text{CO}_2$ -Verfahren qualitativ einwandfreie Schweißnähte herstellen, deren Festigkeitskennwerte die gleichen sind, wie die beim Schweißen waagrecht liegender Bleche erzielten. Bei sorgfältiger Einstellung der Stöße erhält man auch ohne Bearbeitung der Stoßflächen sehr saubere Nähte. Aus dem Querschnitt einer in lotrechter Lage geschweißten Naht laut Abb. 5 geht deutlich hervor, daß die entsprechende Verschmelzung überall gesichert und auch der Schweißwulst nicht größer ist als üblich. Äußerlich ist die Schweißnaht fast ebensoglatt

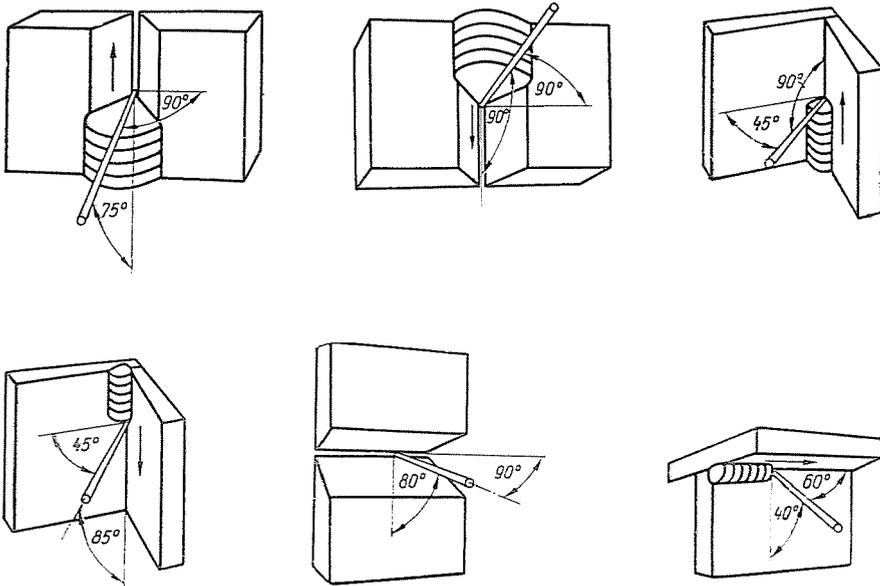


Abb. 4. Richtige Haltung des Brenners in verschiedenen Schweißpositionen

- a) lotrechte V-Naht, von unten nach oben geschweißt
- b) lotrechte V-Naht, von oben nach unten geschweißt
- c) lotrechte Kehlnaht, von unten nach oben geschweißt
- d) lotrechte Kehlnaht, von oben nach unten geschweißt
- e) Überkopf-Kehlnaht



Abb. 5. Querschnitt durch eine von unten nach oben geschweißte lotrechte 8-mm-V-Naht

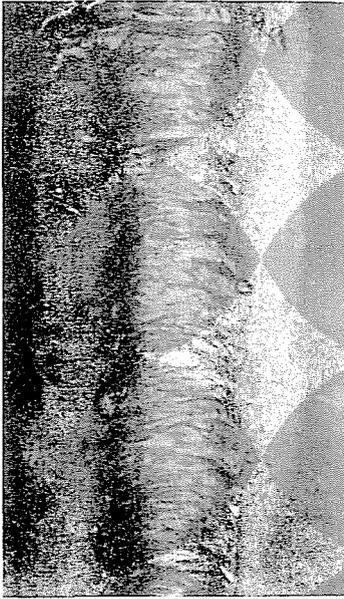


Abb. 6. 20 mm dickes Blech, mit einer V-Naht von unten nach oben geschweißt

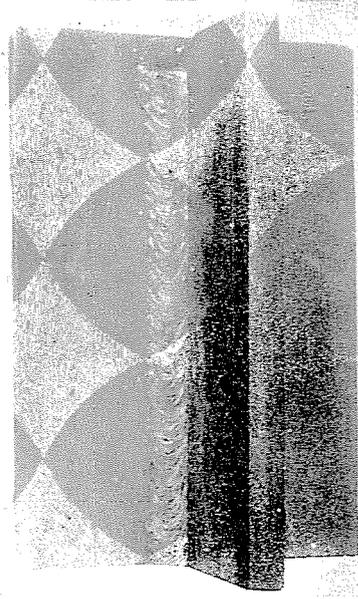


Abb. 7. Kehlnaht ( $a = 7$  mm), von oben nach unten geschweißt

Tabelle I

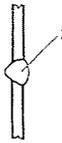
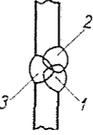
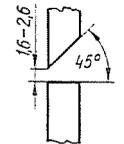
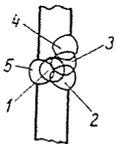
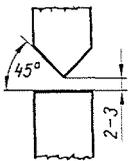
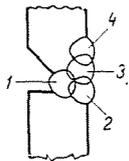
Blechstärke [mm]	Vorbereitung	Nahtreihen	Brennerführung*	Stromstärke [A]	Spannung [V]
2—3			1. g. nu 2. g. nu	160 160	21—24 21—24
4—6			1. g. nu 2. iB. nu 3. g. nu	170—180 110—120 130—140	21—24 21—24 21—24
8—10			1. g. no 2. iB. no 3. g. nu	100—110 90—100 170—180	21—24 21—24 21—24
14—20			1. g. no 2. iB. no 3. iB. no 4. iB. no 5. g. nu	100—110 100—110 100—110 100—110 170—180	21—24 21—24 21—24 21—24 21—24

\* g = gerade, nu = nach unten, iB = im Bogen, no = nach oben.

wie die mit der Handelektrode ausgebildete Naht, und auch die Flanken verbrennen nicht (Abb. 6 und 7).

Die technologischen Parameter für die am häufigsten vorkommenden Blechstärken sind in den Tabellen I, II, III und IV enthalten, denen Stoßfugen, Lagenzahl, die Art der Brennerführung sowie Spannung und Stromstärke zu entnehmen sind. Die gleichen Parameter haben auch beim Schweißen stärkerer als der dort angeführten Bleche Geltung.

Tabelle II

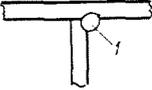
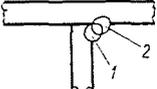
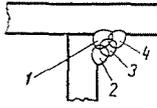
Blechstärke [mm]	Vorbereitung	Nahtreihen	Brennerführung*	Stromstärke [A]	Spannung [V]
2—3			1. g	110—120	20—22
4—6			1. g 2. g 3. g	140—150 120—130 120—130	20—22 20—22 20—22
8—10			1. 2. g 3. 4. 5. g	160—170 120—130	21—23 20—22
14—20			1. 2. g 3. 4. g	170—180 120—130	21—24 20—22

\* g = gerade, nicht im Bogen.

### Wirtschaftlichkeit

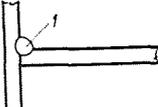
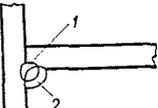
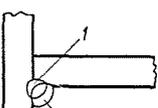
Die Produktivität des CO<sub>2</sub>-Schweißens in Position erreicht das 1,5- bis 3,0fache jener des Lichtbogensschweißens von Hand, und auch seine Kosten liegen in der Regel unter den Kosten des letzteren Verfahrens.

**Tabelle III**  
Kehlnähte über der halben Kopfhöhe

$a = \text{mm}$	Schweiß- nahtform	Brennerführung*	Stromstärke [A]	Spannung [V]
3—4		1. g	160—170	22—24
5—6		1. g 2. g	160—170 130—140	22—24 20—22
7—8		1. g 2. g	160—170 130—140	22—24 20—22

\* g = gerade, nicht im Bogen.

**Tabelle IV**  
Lotrechte Kehlnähte

$a = \text{mm}$	Schweiß- nahtform	Brennerführung*	Stromstärke [A]	Spannung [V]
3—4		1. iB. nu	180—190	22—24
5—6		1. iB. nu 2.	180—190	22—24
7—8		1. iB. no 2.	110—120	22—24

\* iB = im Bogen, nu = nach unten, no = nach oben.

Tabelle V

Wirtschaftlichkeitsvergleich des CO<sub>2</sub>- und des Lichtbogenschweißens von Hand

Schweißnahtform	Zeit [min/m]	CO <sub>2</sub> -Schweißen Gesamtkosten [Ft/m]	Lichtbogenschweißen	
			Zeit [min/m]	Gesamtkosten [Ft/m]
Lotrechte V-Naht, Blechdicke = 8 mm . . . . .	14,87	21,42	37,1	33,86
Waagrechte V-Naht, Blechdicke = 8 mm . . . . .	14,70	21,39	37,1	33,86
Lotrechte Kehlnaht, $a = 7$ mm . . . . .	13,48	22,69	23,2	30,36
Kehlnaht über halber Kopfhöhe, $a = 7$ mm . . .	11,89	21,40	21,8	29,82

Ein Vergleich der beim CO<sub>2</sub>- und beim Lichtbogenschweißen benötigten Schweißzeiten sowie der auflaufenden Gesamtkosten für V-Nähte zur Verbindung von 8-mm-Blechen und für Kehlnähte bei  $a = 7$  mm hat die in Tabelle V zusammengefaßten Ergebnisse geliefert. Für das Schweißen von Hand beruhen diese Berechnungen auf den in der Ungarischen Schiffswerft und Kranfabrik in Geltung stehenden Materialverbrauchs- und Zeitnormen, für das CO<sub>2</sub>-Schweißen hingegen auf unseren eigenen Versuchen unter Berücksichtigung der geltenden Kosten- und Materialkostensätze. In beiden Fällen liegen den Berechnungen dieselben Stundenlöhne zugrunde.

### Zusammenfassung

Das CO<sub>2</sub>-Verfahren eignet sich auch zum Positionsschweißen. Bei Einhaltung der technologischen Parameter liefert es bei hoher Produktivität auf wirtschaftliche Weise Schweißnähte einwandfreier Güte. Vorhandene Einrichtungen lassen sich ohne weiteres auch zum Positionsschweißen verwenden. Voraussetzung ist eine gewisse Geübtheit des Schweißers und eine gute Vorbereitung. Da sich das Verfahren auch für Arbeiten in Position sehr gut automatisieren läßt, steht seiner weiteren Verbreitung nichts im Wege.

### Literatur

1. VIZKELETY, K.: CO<sub>2</sub> védőgázás hegesztés (DAS DO<sub>2</sub>-Schweißen), Mérnöktovábbképző jegyzet, 1960.
2. KONKOLY, T.—BAUER, F.—MEGYERI, B.: Néhány adat a CO<sub>2</sub> védőgázás ívhegesztés technológiájához (Einige Daten zur Technologie des CO<sub>2</sub>-Schweißens). Gépgyártástechnológia, 5 (1963).
3. MEGYERI, B.: A CO<sub>2</sub> hegesztés technológiai alapjai és az azokból képzett technológiai adattáblázatok (Die technologischen Grundlagen der CO<sub>2</sub>-Schweißung mit den aus diesen abgeleiteten technologischen Kennwerttafeln). Gép. XIV. 2, 69—73 (1962).
4. LESCHNEWICH, A.: All Position Arc Welding. Metal Progress, March 1960, S. 122. und 158.
5. ZARUBA: Swarka w uglekislom gace. Kiew, 1960.
6. BRIMBEL, R. V.: Semi-automatic Welding with Fire Wires. British Welding Journal, Mai 1960, S. 342.

7. TUTHILL, ROGER, W.: Dip-transfer Carbon-dioxyde Welding. Welding Journal, 1960 Mai, S. 976.
8. SMITH, A. A.: CO<sub>2</sub> Shielded Arc Welding. The Overseas Engineer, 1961 Mai, S. 306.
9. NEEDHAM, I. C.—COOKSEY, C. J.—MILNER, D. J.: Metal transfer in Inert-gas Shielded Welding. British Welding Journal, 1960 Febr., S. 101.
10. KOROTKOW, A. T.: Awtomatitschenskaja Swarka. 12, 63 (1961).
11. BERGER, H.—ROSENKRANZ, H. (Halla/Saale)—SCHWEIBBENDUNGER: Arbeitstechnik, Güterwerte und Wirtschaftlichkeitskennziffern für die halbautomatische CO<sub>2</sub>-Schutzgasschweißung. Schweißtechnik, 8, 275 (1959).

Ferenc GILLEMOT Budapest XI Tarcali u. 2

Miklós HORVÁTH Budapest, I. Farkasbíró ut 10