

Fachbuchreihe Schweißtechnik
Band 128/I

ISBN 3-87155-205-4

Alle Rechte vorbehalten.

© Verlag für Schweißen und verwandte Verfahren DVS-Verlag GmbH, Düsseldorf · 2002

Herstellung: J. F. Ziegler KG, Remscheid

Titelgestaltung: M + V Werbeagentur, Willich

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort zur 2. Auflage

Vorwort zur 2. Auflage

1	Einteilung der Schweißverfahren	1
1.1	Kurze Geschichte der Schweißtechnik	1
1.2	Einordnung in die Fertigungsverfahren	2
1.3	Einteilung nach der deutschen Norm DIN 1910	2
2	Gasschweißen	5
2.1	Gasschmelzschweißen (Prozeß-Nr. 3)	5
2.1.1	Prinzip des Gasschmelzschweißens	5
2.1.2	Eigenschaften der Gase	5
2.1.2.1	Sauerstoff	5
2.1.2.2	Brenngase	5
2.1.3	Die Autogenflamme	7
2.1.3.1	Brenner und Zubehör	7
2.1.3.2	Flammeneinstellung	9
2.1.4	Methoden des Gasschmelzschweißens	9
2.1.4.1	Nachlinksschweißen	10
2.1.4.2	Nachrechtsschweißen	10
2.1.5	Zusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe	10
2.1.6	Anwendung des Gasschweißens	11
2.1.7	Fehler beim Gasschweißen	11
3	Grundlagen des Lichtbogenschweißens	13
3.1	Der Lichtbogen	13
3.1.1	Ladungsträger im Lichtbogen	13
3.1.2	Lichtbogenkennlinien	14
3.1.3	Magnetische Blaswirkung	15
3.2	Werkstoffübergang beim Lichtbogenschweißen	16
3.2.1	Arten des Werkstoffübergangs	16
3.3	Einstellen und Regeln von Schweißprozessen	19
3.3.1	Einstellen von Stromstärke und Lichtbogen spannung	20
3.3.2	Die Regelung der Lichtbogenlänge	20
3.3.2.1	Die äußere Regelung	20
3.3.2.2	Die innere Regelung	21
3.3.2.3	Vergleich der Regelungsarten	22
3.4	Schweißstromquellen	22
3.4.1	Stromquellenbauarten	22
3.4.1.1	Schweißtransformator	23
3.4.1.2	Schweißgleichrichter	23
3.4.1.3	Schweißumformer	24
3.4.1.4	Elektronische Stromquellen	24
3.4.2	Eigenschaften von Stromquellen	26
3.4.2.1	Statische Kennlinie	26
3.4.2.2	Dynamische Eigenschaften	27
3.4.2.3	Kennwerte	27

4	Metalllichtbogenschweißen (Prozeß-Nr. 101)	29
4.1	Lichtbogenhandschweißen (Prozeß-Nr. 111)	29
4.1.1	Prinzip des Verfahrens	29
4.1.2	Stabelektroden	29
4.1.2.1	Wirkung und Zweck von Umhüllungen	30
4.1.2.2	Umhüllungstypen	30
4.1.2.3	Eigenschaften von Stabelektroden	32
4.1.3	Leistungskennwerte	33
4.1.3.1	Strombelastbarkeit	33
4.1.3.2	Ausbringen	34
4.1.3.3	Abschmelzleistung	35
4.1.4	Technik des Schweißens	35
4.1.4.1	Zünden des Lichtbogens	35
4.1.4.2	Heften	35
4.1.4.3	Führen der Elektrode	36
4.1.5	Anwendung des Lichtbogenhandschweißens	36
4.1.6	Fehler beim Lichtbogenhandschweißen	37
4.2	Andere Methoden des Metalllichtbogenschweißens	38
4.2.1	Schwerkraft- (Prozeß-Nr. 112) und Federkraft-Lichtbogenschweißen	38
4.2.2	Schweißen mit selbstschützenden Fülldrahtelektroden (Prozeß-Nr. 114)	40
5	Wolfram-Schutzgasschweißen (Prozeß-Nr. 14)	41
5.1	WIG-Schweißen (Prozeß-Nr. 141)	41
5.1.1	Prinzip des Verfahrens	41
5.1.2	Ausrüstung zum WIG-Schweißen	42
5.1.2.1	WIG-Schweißgeräte	43
5.1.2.2	Schweißbrenner und Zubehör	43
5.1.2.3	Wolframelektroden	43
5.1.3	Schweißstäbe und Schutzgase	44
5.1.4	Technik des Schweißens	45
5.1.4.1	Einstellen der Anlage	46
5.1.4.2	Zünden des Lichtbogens	46
5.1.4.3	Brennerführung	47
5.1.4.4	Wurzelschutz	47
5.1.5	WIG-Schweißen mit Stromimpulsen	48
5.1.5.1	Einstellgrößen	48
5.1.5.2	Wirkung der Stromimpulse	48
5.1.6	Anwendung des WIG-Schweißens	49
5.1.7	Fehler beim WIG-Schweißen	51
5.2	Plasmaschweißen (Prozeß-Nr. 15)	51
5.2.1	Physikalische Grundlagen	51
5.2.2	Prinzip des Plasmaschweißens	51
5.2.3	Einteilung des Plasmaschweißens	52
5.2.3.1	Einteilung nach der Lichtbogenart	52
5.2.3.2	Einteilung nach der Leistung	53
	– Mikroplasmaschweißen	53
	– Softplasmaschweißen	54
	– Dickblechplasmaschweißen	54
5.2.3.3	Einteilung nach dem Zweck des Schweißens	54
	– Plasmaverbindungsschweißen	54
	– Plasmaauftragschweißen	55
5.2.4	Geräte zum Plasmaschweißen	56

5.2.5	Vergleich mit dem WIG-Schweißen	57
5.2.6	Anwendung des Plasmaschweißens	58
5.2.7	Fehler beim Plasmaschweißen	60
6	Metall-Schutzgasschweißen (Prozeß-Nr. 13)	61
6.1	MIG-/MAG-Schweißen	61
6.1.1	Prinzip des Verfahrens	61
6.1.2	Ausrüstung zum MIG-/MAG-Schweißen	61
6.1.2.1	Stromquellen	62
6.1.2.2	Gerätebauarten	62
6.1.2.3	Drahtvorschubgeräte	62
6.1.2.4	Brenner und Schlauchpaket	62
6.1.3	Lichtbogenbetriebsarten	64
6.1.3.1	Kurzlichtbogen	64
6.1.3.2	Sprühlichtbogen	65
6.1.3.3	Langlichtbogen	65
6.1.3.4	Übergangslichtbogen	66
6.1.3.5	Impulslichtbogen	66
6.1.3.6	MAG-Hochleistungsschweißen	66
6.1.3.7	Arbeitsbereiche	67
6.1.4	Zusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe	68
6.1.4.1	Drahtelektroden	68
6.1.4.2	Eigenschaften von Schutzgasen	68
6.1.5	Technik des MIG-/MAG-Schweißens	70
6.1.5.1	Einstellen der Anlagen	71
6.1.5.2	Zünden des Lichtbogens	72
6.1.5.3	Brennerführung	72
6.1.6	Anwendung des MIG-/MAG-Schweißens	73
6.1.6.1	Teilmechanisches Schweißen	73
6.1.6.2	Vollmechanisches Schweißen	74
6.1.6.3	MIG-/MAG-Schweißen mit Industrierobotern	74
6.1.7	Fehler beim MIG-/MAG-Schweißen	75
7	Verdecktes Lichtbogenschweißen	77
7.1	Unterpulverschweißen (Prozeß-Nr. 12)	77
7.1.1	Prinzip des Verfahrens	77
7.1.2	Aufbau von Anlagen	78
7.1.3	Varianten des Unterpulverschweißens	78
7.1.3.1	Doppeldrahtschweißen (Prozeß-Nr. 123)	79
7.1.3.2	Tandem- (Mehdraht-) Schweißen (Prozeß-Nr. 123)	80
7.1.3.3	Bandelektrodenschweißen (Prozeß-Nr. 122)	81
7.1.4	Zusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe	82
7.1.4.1	Draht- (Band-) Elektroden	82
7.1.4.2	Schweißpulver	83
	– Herstellung von Schweißpulvern	83
	– Eigenschaften von Schweißpulvern	84
7.1.5	Verfahrensdurchführung	85
7.1.5.1	Einfluß der Schweißparameter	86
7.1.5.2	Einstellparameter	86
7.1.5.3	Badsicherungen	88
7.1.6	Anwendung des Unterpulverschweißens	89
7.1.7	Fehler beim Unterpulverschweißen	91

8	Strahlschweißen	93
8.1	Elektronenstrahlschweißen (Prozeß-Nr. 51)	93
8.1.1	Prinzip des Elektronenstrahlschweißens	93
8.1.1.1	Strahlerzeugung	93
8.1.1.2	Umgebungsmedien	95
8.1.2	Wirkung des Elektronenstrahles	95
8.1.2.1	Eindringen in Metalle	95
8.1.2.2	Der Tiefeinbrandeffekt	95
8.1.3	Fugenvorbereitung	96
8.1.4	Schweißeignung einiger Werkstoffe	98
8.1.5	Strahl- und Maschinensteuerungen	99
8.1.6	Elektronenstrahlschweißmaschinen und Vorrichtungen	100
8.1.6.1	Elektronenstrahlgenerator	100
8.1.6.2	Arbeitskammer	101
8.1.6.3	Bewegungseinrichtungen	101
8.1.6.4	Hochspannungsversorgung	102
8.1.6.5	Vakuumpumpen	102
8.1.7	Anwendung des Elektronenstrahlschweißens	103
8.1.8	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	106
8.2	Laserstrahlschweißen (Prozeß-Nr. 52)	107
8.2.1	Grundlagen des Laserstrahls	107
8.2.2	Laserstrahlerzeugung	107
8.2.3	Lasertypen	109
8.2.3.1	Festkörperlaser	110
8.2.3.2	Gaslaser	112
8.2.3.3	Diodenlaser	114
8.2.4	Wirkung des Laserstrahls	116
8.2.5	Aufbau von Laseranlagen	119
8.2.5.1	Strahlführung und Strahlformung	119
8.2.5.2	Gasversorgung	122
8.2.5.3	Manipulatoren	122
8.2.6	Anwendung des Laserstrahlschweißens	123
8.2.7	Fehler beim Laserstrahlschweißen	125
9	Widerstandspreßschweißen	128
9.1	Definition des Widerstandsschweißens (Prozeß-Nr. 2)	128
9.2	Einteilung der Widerstandsschweißverfahren	128
9.3	Grundlagen des Widerstandspreßschweißens	128
9.3.1	Widerstände im Schweißstromkreis	128
9.3.2	Wärmewirkung des Stromes	131
9.3.3	Stromquellen zum Widerstandspreßschweißen	131
9.3.4	Schalten und Steuern von Strömen	132
9.4	Punktschweißen (Prozeß-Nr. 21)	134
9.4.1	Schweißmaschinen	135
9.4.2	Elektroden	135
9.4.3	Verfahrensdurchführung	138
9.4.3.1	Schweißparameter	138
9.4.3.2	Nebenschlußeffekt	139
9.4.3.3	Fensterwirkung	140
9.4.4	Prüfung von Schweißverbindungen	140
9.4.5	Anwendung des Punktschweißens	141
9.5	Buckelschweißen (Prozeß-Nr. 23)	142

9.5.1	Elektroden zum Buckelschweißen	142
9.5.2	Buckelformen	143
9.5.3	Durchführung des Buckelschweißens	144
9.5.4	Anwendung des Buckelschweißens	145
9.6	Rollennahtschweißen (Prozeß-Nr. 221)	145
9.6.1	Elektroden zum Rollennahtschweißen	146
9.6.2	Durchführung des Rollennahtschweißens	146
9.6.3	Anwendung des Rollennahtschweißens	147
9.7	Widerstandsstumpfschweißen	148
9.7.1	Einteilung der Verfahren	148
9.7.1.1	Preßstumpfschweißen (Prozeß-Nr. 25)	148
9.7.1.2	Abbrennstumpfschweißen (Prozeß-Nr. 24)	149
9.7.2	Abgrenzung der Verfahren	149
9.7.3	Anwendung des Widerstandsstumpfschweißens	149
10	Sonderverfahren	151
10.1	Elektroschlackeschweißen (Prozeß-Nr. 72)	151
10.1.1	Prinzip des Elektroschlackeschweißens	151
10.1.2	Elektroschlacke-Verbindungsschweißen	151
10.1.2.1	Verfahrensvarianten	151
10.1.2.2	Geräte zum Elektroschlackeschweißen	153
10.1.2.3	Drahtelektroden und Schweißpulver	153
10.1.3	Elektroschlacke-Auftragschweißen	154
10.1.3.1	Verfahren und Geräte	154
10.1.3.2	Breitbandschweißen	155
10.1.4	Anwendung des Elektroschlackeschweißens	155
10.2	Reibschweißen (Prozeß-Nr. 42)	157
10.2.1	Prinzip des Verfahrens	157
10.2.2	Verfahrensvarianten	158
10.2.3	Maschinen und Einrichtungen zum Schweißen	158
10.2.4	Anwendung des Reibschweißens	159
10.3	Lichtbogenpreßschweißen	160
10.3.1	Schweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen (Prozeß-Nr. 185)	160
10.3.1.1	Verfahrensbeschreibung	160
10.3.1.2	Anwendung des Verfahrens	161
10.3.2	Lichtbogenbolzenschweißen	162
10.3.2.1	Schweißen mit Hubzündung (Prozeß-Nr. 783)	162
10.3.2.2	Schweißen mit Spitzenzündung (Prozeß-Nr. 786)	163
10.3.2.3	Anwendung des Bolzenschweißens	163
10.4	Sonstige Verfahren	165
10.4.1	Kaltpreßschweißen (Prozeß-Nr. 48)	165
10.4.2	Diffusionsschweißen (Prozeß-Nr. 45)	166
10.4.3	Aluminothermisches Schweißen (Prozeß-Nr. 71)	167
11	Thermisches Schneiden	169
11.1	Autogenes Brennschneiden	169
11.1.1	Grundlagen des autogenen Brennschneidens	169
11.1.2	Das Werkzeug des Brennschneiders	170
11.1.3	Manuelles Brennschneiden	170
11.1.4	Maschinelles Brennschneiden	172
11.1.4.1	Handbrennschneidmaschinen	172
11.1.4.2	Kleinbrennschneidmaschinen	172

11.1.4.3 Gelenkarmbrennschneidmaschinen	173
11.1.4.4 Koordinatenbrennschneidmaschinen	174
11.1.4.5 Brennschneiden mit Industrierobotern	175
11.1.5 Schnittgüte beim Brennschneiden	176
11.1.6 Sonderverfahren des Trennens mit der Flamme	177
11.1.6.1 Pulverbrennschneiden	177
11.1.6.2 Mineralpulverbrennschneiden	178
11.1.6.3 Brennbohren	178
11.2 Plasmaschneiden	178
11.2.1 Prinzip des Plasmaschneidens	179
11.2.2 Plasmabildende Medien	179
11.2.3 Einrichtungen zum Plasmaschneiden	180
11.2.4 Anwendung des Plasmaschneidens	180
11.2.4.1 Plasmaschneiden mit spitzen Elektroden	180
11.2.4.2 Plasmaschneiden mit Druckluft	181
11.2.4.3 Plasmaschneiden im Wasser oder unter Wasser	181
11.2.5 Schnittgüten beim Plasmaschneiden	182
11.2.6 Sonderverfahren des Trennens mit dem Lichtbogen	182
11.2.6.1 Lichtbogen-Druckluft-Fugen	183
11.2.6.2 Lichtbogen-Sauerstoff-Schneiden	184
11.3 Laserstrahlschneiden	185
11.3.1 Prinzip des Laserstrahlschneidens	185
11.3.1.1 Laserstrahl-Brennschneiden	186
11.3.1.2 Laserstrahl-Schmelzschneiden	186
11.3.1.3 Laserstrahl-Sublimierschneiden	187
11.3.2 Schneidgase	187
11.3.3 Einrichtungen zum Laserstrahlschneiden	187
11.3.3.1 Strahlerzeuger	187
11.3.3.2 Strahlführungssysteme	188
11.3.3.3 Werkstückträger	190
11.3.4 Anwendung des Laserstrahlschneidens	190
Literatur	193