

Hans J. Fahrenwaldt
Volkmar Schuler

Praxiswissen Schweißtechnik

Werkstoffe, Prozesse, Fertigung

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Mit 555 Abbildungen und 141 Tabellen

Unter Mitarbeit von Herbert Wittel
und Jürgen Twdrek

Vieweg Praxiswissen



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einleitung (von H. J. Fahrenwaldt).....	1
2 Schmelzschweißprozesse (von H. J. Fahrenwaldt).....	7
2.1 Gasschmelzschweißen (G/31*).....	7
2.2 Metall-Lichtbogenschweißen (11).....	17
2.2.1 Die Vorgänge im Lichtbogen.....	17
2.2.2 Schweißstromquellen.....	22
2.2.3 Das Lichtbogenhandschweißen (E/111).....	33
2.2.4 Unterpulver-Schweißen (UP/12).....	42
2.3 Schutzgasschweißen (SG).....	48
2.3.1 Wolfram-Inertgasschweißen (WIG/141).....	49
2.3.2 Metall-Schutzgasschweißen (MSG/13).....	53
2.3.3 Plasma-Schweißen (WP/15).....	64
2.4 Gießschmelzschweißen (ASI 71).....	68
2.5 Elektronenstrahlschweißen (EB/51).....	69
2.6 LASER-Schweißen (LA/52).....	71
2.7 Elektroschlackeschweißen (RES/72).....	81
3 Prozesse des Pressschweißens (von H. J. Fahrenwaldt).....	83
3.1 Widerstandspressschweißen.....	83
3.1.1 Punktschweißen (RP/21).....	84
3.1.2 Pressstumpf- und Abbrennstumpfschweißen (RPS/25 und RA/24).....	90
3.1.3 Induktives Widerstandspressschweißen (RI/74).....	92
3.2 Gaspressschweißen (GP/47).....	93
3.3 Lichtbogenpressschweißen.....	93
3.3.1 Bolzenschweißen (B/78).....	94
3.3.2 Pressschweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen (MBL).....	96
3.4 Diffusionsschweißen (D/45).....	97
3.5 Reibschweißen (FR/42).....	99

3.6	Kaltpressschweißen (KP/48).....	101
3.7	Sprengschweißen (S/441)	102
3.8	Ultraschallschweißen (US/41)	104
4	Löten (von H. J. Fahrenwaldt)	107
5	Metallkleben (von H. J. Fahrenwaldt).....	115
6	Fügen durch Umformen (von H. J. Fahrenwaldt).....	125
7	Kunststoffschweißen (von H. J. Fahrenwaldt)	131
8	Auftragschweißen und Thermisches Spritzen	141
	(von H. J. Fahrenwaldt/ P. Heinrich)	
8.1	Auftragschweißen	141
8.2	Thermisches Spritzen.....	147
8.3	Verfahren des Thermischen Spritzens.....	148
8.4	Wirtschaftlichkeit des Thermischen Spritzens als Beschichtungsverfahren....	157
8.5	Beispiele wirtschaftlicher Einsätze und Anwendungen.....	158
9	Thermisches Trennen (von H. J. Fahrenwaldt)	163
10	Flammrichten (von V. Schuler/J. Twrdek).....	175
11	Werkstoffe und Schweißen (von H. J. Fahrenwaldt).....	185
11.1	Stahl und Eisen	185
11.1.1	Die Beeinflussung des Grundwerkstoffs durch das Schweißen.....	185
11.1.2	Allgemeine Baustähle nach EN 10 025.....	192
11.1.3	Schweißgeeignete Betonstähle.....	195
11.1.4	Feinkornbaustähle.....	195
11.1.5	Niedriglegierte Stähle	199
11.1.6	Hochlegierte Stähle	199

11.1.7	Eisen–Kohlenstoff–Gusswerkstoffe	203
11.1.8	Schweißverbindungen von unterschiedlichen Metallen	208
11.2	Nichteisenmetalle	210
11.2.1	Aluminium und Aluminiumlegierungen	210
11.2.2	Kupfer und Kupferlegierungen	216
11.2.3	Nickel und Nickellegierungen	219
11.2.4	Titan und Titanlegierungen	222
11.2.5	Molybdän und Molybdänlegierungen	224
11.2.6	Magnesium und Magnesiumlegierungen	225
12	Schweißnahtberechnung (von H. Wittel)	231
12.1	Abmessungen der Schweißnähte	231
12.2	Berechnung der Schweißnahtspannungen	235
12.3	Festigkeitsnachweis bei vorwiegend ruhender Beanspruchung	240
12.3.1	Schweißverbindungen im Stahlbau (DIN 18800–1)	240
12.3.2	Allgemeiner Spannungsnachweis im Kranbau (DIN 15018–1)	247
12.4	Ermüdungsfestigkeit von Schweißverbindungen	249
12.4.1	Wöhlerlinie	249
12.4.2	Dauerfestigkeitsschaubilder	251
12.4.3	Spannungskollektive	251
12.4.4	Lebensdauerabschätzung	253
12.5	Dauerfestigkeitsnachweis für Schweißverbindungen im Maschinenbau	255
12.5.1	Dauerfestigkeitsnachweis nach DS 952	255
12.5.2	Festigkeitsnachweis nach der FKM–Richtlinie	263
12.6	Betriebsfestigkeitsnachweis für Krantragwerke nach DIN 15018	274
12.7	Nachweis der Werkstoffermüdung für Stahlbauten nach Eurocode 3	279
12.7.1	Einführung	279
12.7.2	Teilsicherheitsbeiwerte	280
12.7.3	Ermüdungsfestigkeit	281
12.7.4	Ermüdungsfestigkeitsnachweis	283
12.7.5	Berechnungsbeispiel	286
12.8	Schweißelgenspannungen und -verformungen	288
12.8.1	Entstehung von Eigenspannungen	288
12.8.2	Schrumpfungsarten	289
12.8.3	Beeinflussende Faktoren	292
12.8.4	Maßnahmen zur Verminderung von Schweißelgenspannungen	292

12.8.5	Schweißplan und Schweißplanfolgeplan.....	295
12.8.6	Abbau von Eigenspannungen.....	301
12.8.7	Auswirkungen von Schweißbeigenspannungen.....	304
12.8.8	Rechnerische Berücksichtigung der Eigenspannungen.....	305
13	Darstellung und Ausführung von Schweißverbindungen	309
	<i>(von V. Schuler/J. Twrdek)</i>	
13.1	Zeichnerische Darstellung von Schweißnähten.....	309
13.2	Stoßarten, Fugenformen und deren Auswahl	320
14	Anforderungsgerechte Gestaltung von Schweißkonstruktionen	325
	<i>(von V. Schuler/J. Twrdek)</i>	
14.1	Beanspruchungsgerechte Gestaltung.....	325
14.1.1	Statisch und dynamisch beanspruchte Bauteile.....	326
14.1.2	Biege- und verdrehsteife Konstruktionen.....	330
14.1.3	Zug- und druckbeanspruchte Stäbe	332
14.1.4	Vibrationsgerechte Gestaltung	334
14.1.5	Vakuumgerechte Gestaltung	338
14.2	Fertigungsgerechte Gestaltung.....	340
14.3	Werkstoffgerechte Gestaltung.....	353
14.3.1	Nahtvorbereitung und Fugenform.....	353
14.3.2	Gestaltung bei Oberflächenbeschichtungen	354
14.3.3	Verbindungen an plattierten Blechen.....	357
14.3.4	Mischverbindungen.....	360
14.3.5	Verminderung der Terrassenbruchneigung.....	363
14.4	Korrosionsgerechte Gestaltung.....	365
14.5	Prüfgerechte Gestaltung.....	370
14.6	Instandsetzungsgerechte Gestaltung.....	373
14.6.1	Allgemeines zu Instandsetzung.....	373
14.6.2	Riegeln.....	377
14.6.3	Auftragsschweißen.....	378
14.7	Mechanisierungs-/Automatisierungsgerechte Gestaltung.....	381

15 Anwendungsgerechte Gestaltung von Schweißkonstruktionen	389
<i>(von V. Schuler/J. Twrdek)</i>	
15.1 Stahlbau – Trägergestaltung und Trägeranschlüsse	389
15.1.1 Tragwerke	389
15.1.2 Vorschriften	389
15.1.3 Werkstoffe.....	390
15.1.4 Schweißzusätze	390
15.1.5 Halbzeuge	391
15.1.6 Herstellung	391
15.1.7 Grundsätze für die Konstruktion	392
15.1.8 Vollwandträger.....	392
15.1.9 Aussteifungen.....	397
15.1.10 Fachwerkträger	399
15.1.11 Hohlprofilkonstruktionen.....	403
15.1.12 Rahmenecken	404
15.1.13 Trägeranschlüsse.....	405
15.2 Behälter-, Apparat-, Druckgefäße-, Tank- und Rohrleitungsbau.....	407
15.2.1 Vorschriften	407
15.2.2 Herstellung	409
15.2.3 Werkstoffe.....	409
15.2.4 Schweißzusätze	411
15.2.5 Allgemeine Gestaltungsregeln.....	411
15.2.6 Nahtformen und Schweißnahtvorbereitungen	414
15.2.7 Flanschanschlüsse	415
15.2.8 Rohrverbindungen.....	419
15.2.9 Stutzenanschlüsse.....	422
15.2.10 Kompensatoren	424
15.2.11 Mäntel, Böden und Doppelmäntel für Behälter, Apparate und Tanks ..	425
15.2.12 Halbrohre zum Anschweißen an Behälter.....	432
15.2.13 Einschweißen von Rohren in Rohrböden.....	433
15.2.14 Rauchgasdichte Rohrwände	434
15.2.15 Bestiften (Bolzenschweißung) an leeren Rohren	435
15.3 Gestaltung von Maschinenelementen.....	436
15.3.1 Allgemeine Gestaltungsregeln.....	436
15.3.2 Hebel, Stangen und Gabeln.....	436
15.3.3 Drehende Maschinenteile.....	439
15.4 Gestaltung im Fahrzeugbau.....	440
15.5 Schweißen und Löten im Luft- und Raumfahrzeugbau	458

15.6	Schweißen in Feinwerktechnik und Elektronik.....	468
16	Wirtschaftlichkeitsüberlegungen (von V. Schuler/J. Twrdek)	479
17	Qualitätssicherung (von V. Schuler/J. Twrdek).....	485
17.1	Schweißtechnische Qualitätsanforderungen und Schweißaufsicht.....	486
17.2	Schweißen in gesetzlich geregelten Bereichen.....	490
17.3	Schweißnaht – Verfahren und Möglichkeiten der Prüfung	495
17.4	Fehlertoleranzen und Unregelmäßigkeiten von Schweißverbindungen	505
17.5	Schulung und Prüfung von Schweißern und Bedienern von Schweißeinrichtungen	516
17.6	Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz (GABS).....	527
18	Anhang (von H. J. Fahrenwaldt)	535
18.1	Tabellen und Diagramme.....	535
18.2	Normen in der Schweißtechnik	609
	Sachwortverzeichnis	621