

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 6. Auflage	V
1 Einleitung	1
2 Schmelzschweißprozesse	9
2.1 Gasschmelzschweißen (G/31)	10
2.1.1 Brenngase	10
2.1.2 Sauerstoff	12
2.1.3 Armaturen	12
2.1.4 Schweißbrenner (DIN EN ISO 9012)	15
2.1.5 Schweißzusätze (DIN EN 12536)	19
2.1.6 Schweißarten	19
2.2 Grundlagen des Lichtbogenschweißens	20
2.2.1 Die Vorgänge im Lichtbogen	20
2.2.2 Schweißstromquellen	22
2.3 Das Lichtbogenhandschweißen (E/111)	32
2.3.1 Stabelektroden	33
2.3.2 Bezeichnung der Elektroden	36
2.4 Unterpulverschweißen (UP-Schweißen)	37
2.4.1 Schweißzusätze zum UP-Schweißen	39
2.4.2 Elektroden	40
2.4.3 Schweißpulver	41
2.5 Schutzgasschweißen	43
2.5.1 Schutzgase zum Schweißen	43
2.5.2 Metallschutzgasschweißen (MSG)	54
2.5.3 Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)	67
2.5.4 Wolfram-Plasmaschweißen (WP)	75
2.6 Gießschmelzschweißen	78

2.7	Strahlschweißprozesse	81
2.7.1	Elektronenstrahlschweißen (EBW = Electron Beam Welding)	81
2.7.2	Laserschweißen	86
2.8	Elektroschlackeschweißen	93
3	Prozesse des Pressschweißens	97
3.1	Widerstandspressschweißen	98
3.1.1	Stromquellen und Stromformen beim Widerstandsschweißen	99
3.1.2	Widerstandspunktschweißen	101
3.1.3	Buckelschweißen	117
3.1.4	Rollennahtschweißen	122
3.1.5	Presstumpfschweißen	125
3.1.6	Abbrennstumpfschweißen	126
3.1.7	Induktives Widerstandspressschweißen	129
3.2	Lichtbogenpressschweißen	129
3.2.1	Bolzenschweißen	129
3.2.2	Pressschweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen (MBL)	137
3.3	Diffusionsschweißen	139
3.3.1	Ablauf	139
3.3.2	Werkstoffe	140
3.3.3	Anwendung	141
3.4	Reibschweißen	142
3.4.1	Verfahrensprinzip	142
3.4.2	Reibschweißmaschinen	143
3.4.3	Werkstoffe	145
3.5	Kaltpressschweißen	147
3.6	Sprengschweißen	149
3.6.1	Ablauf	149
3.6.2	Werkstoffe	150
3.6.3	Anwendung	151
3.7	Ultraschallschweißen (US/41)	151
4	Löten	157
4.1	Einteilung der Lötprozesses	157
4.1.1	Temperaturen beim Löten	160
4.1.2	Grundlagen des Lötens	160
4.1.3	Kapillareffekt	161
4.1.4	Vor- und Nachteile des Lötens	162
4.1.5	Lötbarkeit	163
4.1.6	Löteignung der Werkstoffe	163

4.2	Lötverfahren	163
4.3	Lote	166
4.3.1	Einteilung der Lote nach den Arbeitsbereichen (Temperatur)	166
4.4	Flussmittel	169
4.4.1	Lötgerechtes Konstruieren	173
4.4.2	Eigenschaften von Lötverbindungen	174
4.4.3	Festigkeit von Lötverbindungen	175
4.4.4	Unregelmäßigkeiten von Lötverbindungen	175
4.4.5	Prüfung von Personal und Verfahrensprüfungen	177
4.4.6	Arbeitsschutz beim Löten	177
5	Kleben von Kunststoffen und Metallen – ein kompakter Überblick	179
5.1	Lastübertragung in Klebungen	180
5.2	Grundlagen	181
5.2.1	Kohäsion bei Metallen	182
5.2.2	Kohäsion bei Kunststoffen	182
5.2.3	Adhäsion	187
5.2.4	Benetzung	188
5.3	Klebstoffe	190
5.3.1	Chemisch härtende Klebstoffe (Reaktionsklebstoffe)	191
5.3.2	Haftklebstoffe – Klebstoffe ohne Verfestigung	200
5.3.3	Physikalisch abbindende Klebstoffe	201
5.4	Oberflächenbehandlung	202
5.4.1	Aufbau metallischer und polymerer Oberflächen	202
5.4.2	Oberflächenvorbereitung – Reinigung	203
5.4.3	Oberflächenvorbehandlungen	203
5.5	Klebstoffauswahl und klebgerechte Gestaltung	205
5.6	Klebertechnische Verarbeitung	207
5.6.1	Automatische Klebstoffverarbeitung	207
5.6.2	Manuelle Verarbeitung	208
5.7	Qualitätssicherung beim Kleben	208
5.8	Arbeitssicherheit beim Kleben	211
6	Fügen durch Umformen	215
6.1	Grundlagen	215
6.2	Clinchen	217
6.2.1	Verfahrensbeschreibung und Varianten	217
6.2.2	Qualitätsrelevante Kenngrößen	218
6.2.3	Anwendungen	219
6.2.4	Geräte und Systeme	219

6.3	Nieten	220
6.3.1	Stanznieten	221
6.3.2	Blindnieten	224
6.3.3	Schließringbolzen	226
6.3.4	Funktionselemente	228
7	Kunststoffe schweißen	235
7.1	Einteilung der Kunststoffe	235
7.2	Schweißprozesse	239
7.2.1	Heizelementstumpfschweißen (HS) (auch Spiegelschweißen genannt)	239
7.3	Heizelementmuffenschweißen (HD)	242
7.4	Heizelementwendelschweißen (HM)	243
7.5	Warmgasfächer- und Warmgasziehschweißen	244
7.5.1	Warmgasfächelschweißen (WF)	245
7.5.2	Warmgasziehschweißen (WZ)	246
7.6	Warmgas-Extrusionsschweißen (WE)	247
7.7	Ultraschallschweißen	247
7.8	Vibrationsschweißen	249
7.9	Laserschweißen	250
7.10	Durchstrahlschweißen	250
7.11	Hochfrequenzschweißen (HF)	252
7.12	Reibschweißen	254
7.13	Schweißzusätze	254
7.14	Prüfung von Kunststoffschweißern	256
7.15	Merkmale und Anwendungen der Kunststoffe	257
8	Auftragschweißen und Thermisches Spritzen	263
8.1	Auftragschweißen	265
8.2	Thermisches Spritzen	272
9	Thermisches Trennen	291
9.1	Werkstoffe und Materialdicken	293
9.2	Autogenes Brennschneiden	295
9.2.1	Betriebsgase zum autogenen Brennschneiden	298
9.2.2	Brennschneidgeräte	299
9.2.3	Brennschnittgüte	300
9.2.4	Sonderverfahren des autogenen Brennschneidens	302
9.3	Plasmaschneiden	304
9.3.1	Verfahrensprinzip	304
9.3.2	Einteilung der Verfahren	305
9.3.3	Plasmagase	306

9.3.4	Plasmabrenner	308
9.3.5	Plasmafugen	308
9.3.6	HotWire-Plasmaschneiden	309
9.4	Laserstrahlschneiden	309
9.4.1	Laserarten zum Schneiden	311
9.5	Wasserstrahlschneiden	311
10	Flammrichten	315
10.1	Verfahrensprinzip	315
10.2	Ausführung	316
10.3	Ausrüstung	319
10.4	Eignung der Werkstoffe und Besonderheiten beim Flammrichten	320
10.4.1	Stähle	320
11	Werkstoffe und ihr Verhalten beim Schweißen	327
11.1	Einteilung der Werkstoffe	327
11.1.1	Metallische Werkstoffe	327
11.2	Schweißen von unlegierten Baustählen	333
11.3	Schweißen von Feinblechen	338
11.4	Schweißen höherfester Baustähle (Feinkornbaustähle)	346
11.5	Schweißen verschleißfester Stähle	357
11.6	Schweißen von Betonstählen	361
11.7	Schweißen von Einsatz- und Vergütungsstählen	370
11.8	Schweißen warmfester Stähle	373
11.9	Schweißen kaltzäher Stähle	379
11.9.1	Schweißen der kaltzähen Stähle	382
11.10	Schweißen der nichtrostenden (hochlegierten) Stähle	386
11.10.1	Schweißen nichtrostender, ferritischer Stähle	388
11.10.2	Schweißen nichtrostender, martensitischer und ausscheidungshärtender Stähle	390
11.10.3	Schweißen nichtrostender, austenitischer Stähle	392
11.10.4	Schweißen der unstabilisierten, austenitischen Stähle	396
11.10.5	Schweißen der stabilisierten, austenitischen Stähle	398
11.10.6	Schweißen der vollaustenitischen Stähle	399
11.10.7	Allgemein gültige Regeln beim Schweißen nichtrostender Stähle	399
11.11	Schweißen von Duplexstählen	400
11.12	Schweißen der hitzebeständigen Stähle	403
11.13	Schweißen der (hoch)warmfesten Stähle	407
11.14	Schweißen von Stahlguss und Gusseisenwerkstoffen	408
11.14.1	Schweißen von Stahlguss und Eisengusswerkstoffen	413
11.14.2	Schweißen von Stahlguss	413
11.14.3	Schweißen der Gusseisenwerkstoffe	417

11.15	Nichteisenwerkstoffe	425
11.15.1	Schweißen von Nickelwerkstoffen	425
11.15.2	Schweißen von Aluminiumwerkstoffen	435
11.15.3	Schweißen von Kupferwerkstoffen	448
11.15.4	Schweißen von Titanwerkstoffen	461
11.15.5	Schweißen von Magnesiumwerkstoffen	467
11.16	Allgemeine Grundregeln für die Auswahl von Schweißzusätzen	468
11.17	Wärmebehandlung der Stähle	473
12	Anforderungsgerechte Gestaltung von Schweißkonstruktionen	483
12.1	Beanspruchungsgerechte Gestaltung	483
12.1.1	Statisch und dynamisch beanspruchte Bauteile	485
12.1.2	Biege- und verdrehsteife Konstruktionen	488
12.1.3	Zug- und druckbeanspruchte Stäbe	491
12.1.4	Vibrationsgerechte Gestaltung	493
12.1.5	Vakuumgerechte Gestaltung	497
12.2	Fertigungsgerechte Gestaltung	499
12.3	Werkstoffgerechte Gestaltung	512
12.3.1	Nahtvorbereitung und Fugenform	512
12.3.2	Gestaltung bei Oberflächenbeschichtungen	515
12.3.3	Verbindungen an plattierten Blechen	518
12.3.4	Mischverbindungen	521
12.3.5	Verminderung der Terrassenbruchneigung	525
12.4	Korrosionsgerechte Gestaltung	526
12.5	Prüfgerechte Gestaltung	535
12.6	Instandsetzungsgerechte Gestaltung	538
12.6.1	Allgemeines zu Instandsetzung	538
12.6.2	Riegeln	540
12.7	Mechanisierungs-/Automatisierungsgerechte Gestaltung	543
13	Anwendungsgerechte Gestaltung von Schweißkonstruktionen	551
13.1	Stahlbau – Trägergestaltung und Trägeranschlüsse	551
13.1.1	DIN 18800, DIN EN 1090 und DIN EN 1993	551
13.1.2	Konstruktionsmaterialien (Werkstoffe)	553
13.1.3	Prüfbescheinigungen	554
13.1.4	Tragwerke	554
13.1.5	Halbzeuge	556
13.1.6	Herstellung	557
13.1.7	Grundsätze für die Konstruktion	558
13.1.8	Vollwandträger	558
13.1.9	Aussteifungen	563

13.1.10	Fachwerkträger	566
13.1.11	Hohlprofilkonstruktionen	570
13.1.12	Rahmenecken	571
13.1.13	Trägeranschlüsse	572
13.2	Behälter-, Apparat-, Druckgefäße-, Tank- und Rohrleitungsbau	574
13.2.1	Vorschriften	575
13.2.2	Herstellung	576
13.2.3	Werkstoffe	577
13.2.4	Schweißzusätze	578
13.2.5	Allgemeine Gestaltungsregeln	579
13.2.6	Nahtformen und Schweißnahtvorbereitungen	582
13.2.7	Flanschanschlüsse	583
13.2.8	Rohrverbindungen	587
13.2.9	Stützenanschlüsse	590
13.2.10	Kompensatoren	592
13.2.11	Mäntel, Böden und Doppelmäntel für Behälter, Apparate und Tanks	593
13.2.12	Halbrohre zum Anschweißen an Behälter	600
13.2.13	Einschweißen von Rohren in Rohrböden	601
13.2.14	Rauchgasdichte Rohrwände	603
13.2.15	Bestiften (Bolzenschweißung) an leeren Rohren	603
13.3	Gestaltung von Maschinenelementen	604
13.3.1	Allgemeine Gestaltungsregeln	604
13.3.2	Hebel, Stangen und Gabeln	605
13.3.3	Drehende Maschinenteile	607
13.4	Gestaltung im Fahrzeugbau	609
13.5	Schweißen und Löten im Luft- und Raumfahrzeugbau	622
13.6	Schweißen in Feinwerktechnik und Elektronik	631
14	Berechnung von Schweißnähten	641
14.1	Grundsätze der Schweißnahtberechnung im Maschinenbau	641
14.2	Grundregeln für die Fugenformen von Schweißnähten	644
14.2.1	T-Stoß	645
14.2.2	Stumpfstoß	646
15	Schweißelgennspannungen und -verformungen	653
15.1	Entstehung von Eigennspannungen	653
15.2	Schrumpfungsarten	654
15.2.1	Beeinflussende Faktoren	657
15.2.2	Maßnahmen zur Verminderung von Schweißelgennspannungen	657
15.2.3	Bauteilverzug und Schweißfolgeplan	660

15.2.4	Abbau von Eigenspannungen	666
15.2.5	Auswirkungen von Schweiß eigenspannungen	670
15.2.6	Rechnerische Berücksichtigung der Eigenspannungen	671
16	Darstellung und Ausführung von Schweißverbindungen	673
16.1	Zeichnerische Darstellung von Schweißnähten	673
16.2	Stoßarten, Fugenformen und deren Auswahl	686
17	Wirtschaftlichkeitsüberlegungen	691
18	Qualitätssicherung	701
18.1	Schweißtechnische Qualitätsanforderungen, Schweißaufsicht und Schweißverfahrensprüfungen	702
18.2	Schweißen in gesetzlich geregelten Bereichen	712
18.3	Schweißnaht – Verfahren und Möglichkeiten der Prüfung	721
18.4	Fehlertoleranzen und Unregelmäßigkeiten von Schweißverbindungen	740
18.5	Schulung und Prüfung von Schweißern und Bedienern von Schweißeinrichtungen	750
18.6	Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz (GABS)	767
18.6.1	Elektrischer Strom	768
18.6.2	Optische Strahlung	771
18.6.3	Schadstoffe – Schweißrauch	772
18.6.4	Brandschutz	774
19	Anhang	779
19.1	Tabellen und Diagramme	779
19.2	Normen in der Schweißtechnik	790
	Sachwortverzeichnis	793