

Anik · Dorn

Schweißbeignung metallischer Werkstoffe

Vorwort

1	Einleitung	1
2	Struktur metallischer Werkstoffe	3
2.1	Einleitung	3
2.2	Kristallaufbau	3
2.2.1	Reine Metalle	3
2.2.2	Metalllegierungen	4
2.3	Gitterbaufehler	6
2.3.1	Leerstellen	7
2.3.2	Versetzungen	7
2.3.3	Korngrenzen	9
	Schrifttum	10
3	Wärmevorgänge beim Schweißen	11
3.1	Einleitung	11
3.2	Temperaturfeld	11
3.3	Abkühlverlauf	13
3.4	Einflußgrößen auf den Abkühlverlauf	14
3.5	Wärmeeinfluß beim Schweißen	15
	Schrifttum	15
4	Reaktionen der Metallschmelze	16
4.1	Einleitung	16
4.2	Sauerstoff	16
4.3	Dissoziation von Kohlendioxid	17
4.4	Stickstoff	18
4.5	Wasserstoff	19
4.6	Schlackenreaktionen	21
4.6.1	Desoxidation des geschmolzenen Schweißgutes durch saure oder basische Schlacken	22
4.6.2	Raffination des Metalls beim Schmelzschweißen	23
4.6.3	Zu- und Abbrand von Mangan und Silizium	23
4.7	Erstarrung des Schmelzbades	24
	Schrifttum	28
5	Einfluß der Schweißwärme auf Metalle im festen Zustand	29
5.1	Einleitung	29
5.2	Diffusionsvorgänge	29
5.3	Phasenumwandlungen	31
5.4	Ausscheidungs Vorgänge (Alterung, Aushärtung)	33
5.5	Kristallerholung und Rekristallisation	35
5.5.1	Erholung	35
5.5.2	Rekristallisation	36
5.6	Eigenspannungen	37
	Schrifttum	38

6	Unregelmäßigkeiten – Ursachen und Vermeidung	39
6.1	Einleitung	39
6.2	Risse	39
6.2.1	Heißrisse	39
6.2.1.1	Erstarrungsrisse	40
6.2.1.2	Aufschmelzrisse	41
6.2.1.3	Vermeidung von Heißrisen	41
6.2.1.4	Prüfung der Heißrißempfindlichkeit	41
6.2.2	Kaltrisse	43
6.2.2.1	Sprödriß	44
6.2.2.2	Schrumpfriß	44
6.2.2.3	Kerbriß	44
6.3	Hohlräume	44
6.3.1	Poren	44
6.3.2	Lunker	45
6.4	Feststoffeinschlüsse	46
7	Gefügeausbildung beim Schweißen unlegierter und niedriglegierter Stähle	49
7.1	Einleitung	49
7.2	Zonenaufbau des Schweißgefüges	49
7.2.1	Schweißgut	49
7.2.2	Zone unvollständigen Aufschmelzens	50
7.2.3	Überheizungs-(Grobkorn)-Zone	50
7.2.4	Normalisierungs-(Feinkorn)-Zone	50
7.2.5	Zone unvollständiger Umkristallisation (Perlitauflösungszone)	51
7.2.6	Anlaß- und Rekristallisationszone	51
7.2.7	Entfestigungs- und Alterungszone	52
7.3	Einfluß der Abkühlung auf das Schweißgefüge	53
7.3.1	Umwandlung in der Perlitstufe	54
7.3.2	Umwandlung in der Martensitstufe	55
7.3.3	Umwandlung in der Zwischenstufe	57
7.4	Aushärtung	58
	Schrifttum	58
8	Versprödungs- und Rißerscheinungen unlegierter und niedriglegierter Stähle	59
8.1	Einleitung	59
8.2	Aufhärtingsversprödung und -rißbildung	59
8.2.1	Aufhärtung beim Schweißen unlegierter und niedriglegierter Stähle	59
8.2.2	Aufhärtungsriß	62
8.3	Wasserstoffversprödung und -rißbildung	63
8.3.1	Wirkung des Wasserstoffs	63
8.3.2	Wasserstoffinduzierte Rißbildung beim Schweißen	63
8.4	Alterung	65
8.4.1	Abschreckalterung	66
8.4.2	Reckalterung	66
8.4.3	Alterungsriß	67
8.5	Relaxationsversprödung und Wiedererwärmungsriß	67
8.5.1	Ursachen und Erscheinungsformen	67
8.5.2	Gegenmaßnahmen	68
8.6	Lamellenriß (Terrassenbruch)	69
8.6.1	Ursachen und Erscheinungsformen	69
8.6.2	Werkstoffbezogene Gegenmaßnahmen	69
8.6.3	Konstruktive und fertigungstechnische Gegenmaßnahmen	72

8.7	Sprödbruch	73
8.7.1	Ursachen und Erscheinungsformen	73
8.7.2	Gegenmaßnahmen	76
	Schrifttum	76
9	Wärmeführung beim Schweißen von Stahl – Vorwärmen und Wärmenachbehandlung	78
9.1	Einleitung	78
9.2	Wirkung des Vorwärmens	78
9.3	Wärmeführung beim Schweißen	78
9.3.1	Einleitung	78
9.3.2	$t_{8/5}$ -Konzept	79
9.3.3	Kohlenstoffäquivalent	83
9.3.4	Einfluß des Wärmeeinbringens und des Vorwärmens	85
9.4	Wärmebehandlung von Schweißverbindungen	88
9.4.1	Einleitung	88
9.4.2	Normalglühen	88
9.4.3	Spannungsarmglühen	89
	Schrifttum	89
10	Schweißbeugung unlegierter und niedriglegierter Baustähle	91
10.1	Einleitung	91
10.2	Einteilung	91
10.3	Einflußgrößen auf die Schweißbeugung	92
10.3.1	Einfluß des Kohlenstoffgehaltes	93
10.3.2	Einfluß der Eisenbegleiter	93
10.3.2.1	Schwefel	93
10.3.2.2	Phosphor	93
10.3.2.3	Stickstoff	94
10.3.2.4	Sauerstoff	94
10.3.2.5	Wasserstoff	94
10.3.3	Einfluß der Vergießung	94
10.3.3.1	Silizium	95
10.3.3.2	Mangan	95
10.3.3.3	Aluminium	95
10.3.4	Legierungselemente	95
10.4	Allgemeine Baustähle	96
10.4.1	Baustähle nach DIN EN 10 025	96
10.4.2	Schweißbeugung der Stähle nach DIN EN 10 025	100
10.4.3	Spezielle Schweißhinweise zum Baustahl S355J0/J2/K2 (St 52-3 nach DIN 17 100)	101
10.4.4	Bestimmung der Stahlgüte-Gruppe nach DASt-Richtlinie 009	104
10.5	Niedriglegierte Stähle	104
10.6	Schweißbeugung von Feiblechen	108
10.6.1	Einleitung	108
10.6.2	Feibleche aus unlegiertem Stahlblech nach DIN EN 130	110
10.6.3	Höherfeste Feibleche	110
10.6.4	Elektrolytisch verzinkte Stahlbleche	111
10.6.5	Feuerverzinkte Stahlbleche	113
10.6.6	Feueraluminiertes Feiblech	113
10.7	Warmfeste Stähle	115
10.8	Niedriglegierte Tieftemperaturstähle	115
	Schrifttum	115

11	Schweißbeignung der Feinkornbaustähle	117
11.1	Einleitung	117
11.2	Möglichkeiten der Festigkeitssteigerung durch Feinkornbaustähle	118
11.3	Normalisierte Feinkornbaustähle	120
11.4	Vergütete Feinkornbaustähle	122
11.5	Thermomechanisch behandelte Feinkornbaustähle (TM)	125
11.6	Schweißen der Feinkornbaustähle	129
	Schrifttum	133
12	Aufbau und Eigenschaften hochlegierter Stähle	135
12.1	Einleitung	135
12.2	Gefügeaufbau	135
12.2.1	Ferritische und perlitisch-martensitische Stähle	135
12.2.2	Austenitische Stähle	136
12.2.3	Stähle mit ferritisch-austenitischem Mischgefüge (Duplex)	138
12.3	Korrosions- und Versprödungserscheinungen von korrosionsbeständigen Stählen	140
12.3.1	Einfluß des Chroms auf die Korrosionsbeständigkeit	141
12.3.2	Lochfraßkorrosion	142
12.3.3	Spaltkorrosion	142
12.3.4	Spannungsrißkorrosion	143
12.3.5	Interkristalline Korrosion	143
12.3.6	Sigmaphase und 475-°C-Versprödung	144
	Schrifttum	145
13	Schweißbeignung korrosionsbeständiger Stähle	147
13.1	Einleitung	147
13.2	Schweißverfahren	147
13.3	Schweißzusätze	148
13.4	Einfluß der Werkstoffzusammensetzung	148
13.4.1	Ferritische Chromstähle	148
13.4.2	Perlitisch-martensitische Chromstähle	150
13.4.3	Austenitische Chrom-Nickel-Stähle	150
13.4.3.1	Deltaferrit	151
13.4.3.2	Heißrißbildung	152
13.4.3.3	Interkristalline Korrosion	153
13.4.3.4	Spannungsrißkorrosion	153
13.4.3.5	Sigmaphase	153
13.5	Duplex-Stähle	154
	Schrifttum	157
14	Schweißbeignung von warmfesten Stählen	159
14.1	Aufbau und Eigenschaften	159
14.2	Schweißen und Wärmebehandlung	161
	Schrifttum	164
15	Schweißbeignung von kaltzähnen Stählen	165
15.1	Einleitung	165
15.2	Aufbau und Eigenschaften	167
15.2.1	Tiefemperatur-Feinkornbaustähle	167
15.2.2	Niedriglegierte Tieftemperaturstähle	167
15.2.3	Austenitische MnCr- und CrNi-Stähle	168

15.3	Schweißverfahren und Schweißbeignung	168
15.3.1	Schweißbeignung von TT-Feinkornbaustählen	168
15.3.2	Stähle mit niedrigem Ni-Gehalt (1 bis 3,5 %)	169
15.3.3	Schweißbeignung von 5 %-Ni-Stahl	169
15.3.4	Schweißbeignung von 9 %-Ni-Stahl	169
	Schrifttum	170
16	Schweißbeignung von Stahlgußwerkstoffen	171
16.1	Einleitung	171
16.2	Unlegierter und niedriglegierter Stahlguß	171
16.2.1	Schweißbeignung von unlegiertem und niedriglegiertem Stahlguß	171
16.3	Hochlegierter Stahlguß	172
16.4	Stahlguß-Schweiß-Verbundkonstruktionen	174
	Schrifttum	174
17	Schweißbeignung von Gußeisen mit Lamellen- und Kugelgrafit	175
17.1	Einleitung	175
17.2	Übersicht und Einteilung von Gußeisen	175
17.3	Metastabiles und stabiles Eisen	177
17.4	Gußeisen mit Lamellengrafit	179
17.4.1	Schweißen mit artgleichem Schweißzusatz	180
17.4.2	Schweißen mit artfremdem Schweißzusatz	180
17.5	Gußeisen mit Kugelgrafit	182
17.6	Austenitisches Gußeisen	183
	Schrifttum	184
18	Schweißbeignung von Temperguß	185
18.1	Einleitung	185
18.2	Gefügeaufbau von schwarzem und weißem Temperguß	185
18.3	Schweißbeignung	186
	Schrifttum	186
19	Schweißbeignung von Nickel und Nickellegierungen	187
19.1	Einleitung	187
19.2	Reinnickel	187
19.2.1	Schwefel	188
19.2.2	Kohlenstoff	189
19.2.3	Phosphor	189
19.2.4	Metallische Spurenelemente	190
19.2.5	Gasförmige Verunreinigungen	190
19.3	Nickellegierungen	191
19.3.1	Nickel-Kupfer-Legierungen	191
19.3.2	Nickel-Molybdän-Legierungen	193
19.3.3	Nickel-Chrom-Legierungen	194
19.4	Wärmebehandlung von Nickelwerkstoffen	195
19.4.1	Einleitung	195
19.4.2	Weichglühen	195
19.4.3	Spannungsarmglühen	196
19.4.4	Warmhärtungen	196
19.5	Schweißen der Nickelwerkstoffe	197
19.5.1	Einleitung	197

19.5.2	Nahtvorbereitung	197
19.5.3	Schweißverfahren	198
19.5.4	Nahtbearbeitung	200
19.6	Schweißen von nickelplattierten Stählen	200
19.7	Schweißen von Nickelwerkstoffen mit anderen Werkstoffen	201
	Schrifttum	202
20	Schweißbeignung von Kupfer und Kupferlegierungen	204
20.1	Einleitung	204
20.2	Reinkupfer	204
20.2.1	Sauerstoffgehalt	205
20.2.2	Entfestigung von Kupfer	207
20.2.3	Kupfer-Schwefel-Verbindung	207
20.3	Kupferlegierungen	207
20.3.1	Kupfer-Zink-Legierungen (Messinge)	208
20.3.2	Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen (Neusilber)	210
20.3.3	Kupfer-Zinn-Legierungen (Zinnbronzen)	210
20.3.4	Kupfer-Aluminium-Legierungen (Aluminiumbronzen)	211
20.3.5	Kupfer-Nickel-Legierungen	212
20.3.6	Kupfer-Mangan-Legierungen (Manganbronzen)	213
20.3.7	Kupfer-Silizium-Legierungen (Siliziumbronzen)	213
	Schrifttum	213
20.4	Schweißbeignung von Kupferwerkstoffen	214
20.4.1	Schweißbeignung	214
20.4.2	Gasschweißen	214
20.4.3	Lichtbogenschweißen	215
20.4.4	Wolfram- und Metall-Inertgasschweißen	216
20.4.4.1	Reinkupfer	216
20.4.4.2	Kupfer-Zink-Legierungen	216
20.4.4.3	Kupfer-Zinn-Legierungen	220
20.4.4.4	Kupfer-Nickel-Legierungen	220
20.4.4.5	Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen	221
20.4.4.6	Kupfer-Aluminium-Legierungen	221
20.4.4.7	Kupfer-Zinn-Zink-Gußlegierungen	221
20.4.4.8	Niedriglegierte Kupferwerkstoffe nach DIN 17 666 und DIN 17 665	222
20.4.4.9	Schweißverbindungen zwischen Kupfer und Kupferlegierungen sowie anderen Werkstoffen	222
20.4.5	Widerstandsschweißen	224
20.4.6	Schweißen von Kupferwerkstoffen nach Sonderverfahren	224
	Schrifttum	225
21	Schweißbeignung von Aluminium und Aluminiumlegierungen	226
21.1	Einleitung	226
21.2	Aufbau und Eigenschaften von Aluminiumwerkstoffen	226
21.2.1	Eigenschaften und Einteilung	226
21.2.2	Gefügebau binärer Legierungen	226
21.2.3	Gefügebau ternärer Legierungen	229
21.3	Festigkeitssteigerung durch Kaltverfestigen und Aushärten	230
21.3.1	Kaltverfestigen	230
21.3.2	Aushärten	231
	Schrifttum	232
21.4	Schweißbeignung	232
21.4.1	Kaltverfestigte Aluminiumlegierungen	233

21.4.2	Aushärtbare Aluminiumlegierungen	234
21.5	Unregelmäßigkeiten	234
21.5.1	Rißbildung	234
21.5.2	Porenbildung	235
21.5.3	Spannungsrißkorrosionsverhalten geschweißter Aluminium-Zink-Magnesium-(Kupfer-)Legierungen	236
	Schrifttum	237
21.6	Schweißtechnologie	238
21.6.1	Allgemeine Voraussetzungen	238
21.6.2	Vorbereitung zum Schmelzschiessen	238
21.6.2.1	Fugenvorbereitung	238
21.6.2.2	Heftschweißungen	238
21.6.2.3	Vorwärmen	239
21.6.2.4	Wahl des Zusatzwerkstoffes	239
21.6.3	Schweißverfahren	239
21.6.3.1	Gasschweißen	240
21.6.3.2	Lichtbogenhandschweißen	240
21.6.3.3	Schutzgasschweißen	241
21.6.3.3.1	Wolfram-Inertgasschweißen	241
21.6.3.3.2	Metall-Inertgasschweißen	242
21.6.3.3.3	Plasmaschweißen	243
21.6.3.4	Widerstandspreßschweißen	243
21.6.3.4.1	Punktschweißen	246
21.6.3.4.2	Rollennahtschweißen	246
21.6.3.4.3	Buckelschweißen	246
21.6.3.4.4	Preß- und Abbrennstumpfschweißen	247
21.6.4	Sonstige Schweißverfahren	247
	Schrifttum	247
21.7	Aluminium-Karosserielegierungen	248
21.7.1	Aufbau und Eigenschaften	248
21.7.2	Schweißbeignung	249
21.8	Schweißen von Aluminium-Gußlegierungen	250
21.8.1	Einleitung	250
21.8.2	Schweißen von Aluminium-Druckguß	250
	Schrifttum	252
22	Schweißbeignung der Sondermetalle	253
22.1	Aufbau und Eigenschaften	253
22.1.1	Einleitung	253
21.1.2	Titan	253
21.1.2.1	Eigenschaften und Anwendung	253
21.1.2.2	Schweißbeignung	255
22.1.3	Molybdän	256
22.1.3.1	Eigenschaften und Anwendung	256
22.1.3.2	Schweißbeignung	256
22.1.4	Zirkonium	257
22.1.4.1	Eigenschaften und Anwendung	257
22.1.4.2	Schweißbeignung	257
22.1.5	Tantal	259
22.1.5.1	Eigenschaften und Anwendung	259
22.1.5.2	Schweißbeignung	259
22.1.6	Wolfram	260
22.1.6.1	Eigenschaften und Anwendung	260

22.1.6.2	Schweißeignung	260
22.1.7	Niob	260
22.1.7.1	Eigenschaften und Anwendung	260
22.1.7.2	Schweißeignung	261
22.1.8	Vanadin	261
22.1.8.1	Eigenschaften und Anwendung	261
22.1.8.2	Schweißeignung	261
22.1.9	Beryllium	262
22.1.9.1	Eigenschaften und Anwendung	262
22.1.9.2	Schweißeignung	262
	Schrifttum	263
22.2	Schweißen von Sondermetallen	264
22.2.1	Einleitung	264
22.2.2	Titan	264
22.2.2.1	Schutzgasschweißen	264
22.2.2.2	Elektronenstrahl- und Laserstrahlschweißen	266
22.2.2.3	Widerstandsschweißen	266
22.2.2.4	Diffusions- und Reibschweißen	266
22.2.3	Molybdän	266
22.2.3.1	Schutzgasschweißen	266
22.2.3.2	Elektronenstrahlschweißen	267
22.2.3.3	Diffusionsschweißen	267
22.2.3.4	Widerstandsschweißen	267
22.2.4	Zirkonium	267
22.2.4.1	Schutzgasschweißen	267
22.2.4.2	Elektronenstrahlschweißen	268
22.2.4.3	Widerstandsschweißen	268
22.2.4.4	Diffusionsschweißen	268
22.2.5	Tantal	268
22.2.5.1	Schutzgasschweißen	268
22.2.5.2	Elektronenstrahl-, Diffusions- und Widerstandsschweißen	269
22.2.6	Niob	269
22.2.7	Vanadin	270
22.2.8	Wolfram	270
22.2.9	Beryllium	270
22.2.9.1	Schutzgasschweißen	270
22.2.9.2	Elektronenstrahlschweißen	270
22.2.9.3	Diffusionsschweißen	270
	Schrifttum	270
23	Schweißeignung amorpher Metalle	273
23.1	Aufbau, Eigenschaften und Anwendung amorpher Metalle	273
23.1.1	Aufbau amorpher Metalle	273
23.1.2	Elastische Eigenschaften amorpher Metalle	274
23.1.3	Plastische Eigenschaften amorpher Metalle	274
23.1.4	Härte und Duktilität amorpher Metalle	275
23.1.5	Bruchverhalten amorpher Metalle	276
23.1.6	Anwendung amorpher Metalle	276
23.2	Herstellung amorpher Metallschichten durch Laserstrahloberflächenbehandlung	279
23.3	Fügen amorpher Metalle	280
	Schrifttum	281

24	Schweißbeignung von Werkstoffkombinationen	284
24.1	Metallkundliche Grundlagen	284
24.1.1	Einleitung	284
24.1.2	Werkstoffliche Vorgänge beim Verbinden unterschiedlicher Werkstoffe	284
24.1.3	Mechanismus beim Verbinden unterschiedlicher Werkstoffe	286
24.1.3.1	Ausbilden eines direkten Kontakts	286
24.1.3.2	Physikalisch-chemische Wechselwirkungen der Verbindungspartner	286
24.1.3.3	Relaxationsprozesse	287
24.1.4	Vergleich der Schweißverfahren	287
24.2	Schweißbeignung unterschiedlicher Stähle	288
24.2.1	Schmelzschweißen	288
24.2.1.1	Aufmischen und Schweißverfahren	288
24.2.1.2	Schweißen unterschiedlicher un- und niedriglegierter Stähle	288
24.2.1.3	Schweißen unterschiedlicher niedrig- und hochlegierter Stähle	289
24.2.1.4	Preßschweißen	291
24.3	Schweißbeignung von Stählen mit Gußeisen	291
24.3.1	Schweißen von Stahl mit Grauguß	291
24.3.2	Schweißen von Stahl mit Kugelgrafitguß	291
24.4	Schweißbeignung von Stahl mit NE-Metallen	292
24.4.1	Stahl mit Kupfer und Kupferlegierungen	292
24.4.2	Stahl mit Nickel- und Nickellegierungen	293
24.4.3	Stahl mit Aluminium und Aluminiumlegierungen	295
24.4.4	Stahl mit anderen Metallen	296
24.5	Schweißverfahren für Metall-Kombinationen	296
24.5.1	Lichtbogenschweißen	296
24.5.2	Elektronenstrahl- und Laserstrahlschweißen	297
24.5.3	Reibschweißen	298
24.5.4	Ultraschallschweißen	299
24.5.5	Diffusionsschweißen	299
24.5.6	Sprengschweißen	301
24.5.7	Kaltpreßschweißen	302
	Schrifttum	303
25	Schweißbeignung verschleißfester Werkstoffe zum Auftragschweißen	306
25.1	Einleitung	306
25.2	Panzerungen	307
25.2.1	Hartpanzerungen	309
25.2.2	Weichpanzerungen	309
25.2.3	Pufferschichten	310
25.3	Beschichtungswerkstoffe	311
25.3.1	Eisenhaltige Werkstoffe	312
25.3.2	Eisenarme Werkstoffe	317
25.3.3	Nichteisenhaltige Werkstoffe	322
25.4	Schweißverfahren	322
	Schrifttum	326
26	Schweißbeignung der Metalle unter Wasser und im Weltraum	328
26.1	Unterwasserschweißen	328
26.1.1	Einleitung	328
26.1.2	Naßschweißen	328
26.1.3	Trockenschweißen	331
26.2	Schweißen im Weltraum	332
	Schrifttum	333

27	Schweißzusätze und -hilfsstoffe	335
27.1	Schweißzusätze und -hilfsstoffe für das Schweißen von un- und niedriglegierten Baustählen	335
27.1.1	Einleitung	335
27.1.2	Stabelektroden für das Lichtbogenhandschweißen	335
27.1.2.1	Aufbau von Stabelektroden	335
27.1.2.2	Umhüllungstypen der Stabelektroden	336
27.1.2.3	Schweißverhalten	337
27.1.2.4	Stabelektrodenbezeichnung	337
27.1.2.5	Festigkeit, Dehnung und Kerbschlagarbeit	337
27.1.2.6	Chemische Zusammensetzung und Wasserstoffgehalt	339
27.1.2.7	Hinweise zur Auswahl und Verarbeitung	339
27.1.3	Schweißzusätze und -hilfsstoffe für das Unterpulverschweißen	340
27.1.3.1	Drahtelektroden	340
27.1.3.2	Fülldrahtelektroden	340
27.1.3.3	Schweißpulver	340
27.1.3.4	Metallurgisches Verhalten	343
27.1.3.5	Draht-Pulver-Kombinationen	344
27.1.4	Schweißzusätze und Schutzgase für das Metall-Schutzgasschweißen	345
27.1.4.1	Massivdrahtelektroden	345
27.1.4.2	Fülldrahtelektroden	345
27.1.4.3	Schutzgase	347
27.1.5	Schweißzusätze für niedriglegierte warmfeste Stähle	350
27.1.6	Schweißzusätze für niedriglegierte Tieftemperaturstähle	350
27.2	Schweißzusätze für hochlegierte Stähle	351
27.2.1	Ferritische Chromstähle	351
27.2.2	Austenitische CrNi-Stähle	351
27.2.3	Martensitischer Stahl X 8 Ni 9	354
27.3	Schweißzusätze für Gußeisen	354
27.4	Schweißzusätze für Nickel und Nickellegierungen	357
27.5	Schweißzusätze für Kupfer und Kupferlegierungen	357
27.6	Schweißzusätze für Aluminium und Aluminiumlegierungen	357
27.7	Schweißzusätze für Titan und Titan-Palladiumlegierungen	357
27.8	Schweißzusätze für das Verbindungsschweißen artfremder Werkstoffe	362
27.9	Zusätze zum Auftragschweißen	364
27.10	Eignungsprüfungen von Schweißzusätzen	367
	Schrifttum	369
 Anhang		
28	Gegenüberstellung von DIN EN- und DIN-Werkstoffbezeichnungen	371
28.1	Bezeichnungen für Stähle	371
28.1.1	Nummernsystem zur Stahlkennzeichnung	371
28.1.2	Kurznamen zur Stahlkennzeichnung	371
28.1.3	Hauptsymbole nach DIN EN 10 027 Teil 1	371
28.1.4	Zusatzsymbole nach IC 10	372
28.1.5	Zusammenfassung der Hauptsymbole und der Zusatzsymbole	373
28.2	Bezeichnungen für Aluminiumlegierungen	384
 Sachwortverzeichnis		390