

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Induktionserwärmung	15
2.1	Eigenschaften	15
2.1.1	Induzierte Ströme	15
2.1.2	Eindringtiefe	16
2.1.3	Stromverteilung	19
2.1.4	Ferromagnetische Materialien	21
2.2	Induktor-Einsatz-Anordnungen	25
2.2.1	Anordnungen	25
2.2.2	Induktoren	27
2.2.3	Wirkungsgrad	29
2.3	Berechnung idealisierter Anordnungen	30
2.4	Berechnung mithilfe magnetischer Ersatzschaltungen	60
2.4.1	Spule	60
2.4.2	Kreiszyklindrische Anordnung	65
2.4.3	Induktor rechteckförmigen Querschnitts mit Platte	69
2.4.4	Anordnung mit geschlossenem magnetischen Rückschluss	72
2.5	Numerische Berechnung	75
2.5.1	Diskretisierung	76
2.5.2	Differentialgleichungen	79
2.5.3	Randbedingungen	84
2.5.4	Logische Prüfungen	97
2.5.5	Näherungslösung	104
2.6	Stromversorgung	115
2.6.1	Übersicht zu Speisequellen	115
2.6.2	Anforderungen	116
2.6.3	Thyristor-Wechselrichter	117
2.6.4	Wechselrichter mit Transistoren	125
2.6.5	Anpassung	131

2.7	Anwendungen	138
2.7.1	Eigenschaften	138
2.7.2	Schmelzen	141
2.7.3	Durchwärmen	151
2.7.4	Härten und Anlassen	158
2.7.5	Löten und Schweißen	162
2.7.6	Induktives Plasma	163
2.7.7	Indirekte Erwärmung	166
2.8	Arbeits- und Maschinensicherheit	166
2.8.1	Induzierte Körperströme	166
2.8.2	Kapazitive Ableitströme	167
2.8.3	Eruption metallischer Schmelzen	168
2.9	Magnetische Erwärmung	174
2.9.1	Prinzip	174
2.9.2	Vor- und Nachteile	175
2.9.3	Anwendungen	176
3	Kondensatorfelderwärmung	179
3.1	Elektrische Polarisierung	179
3.1.1	Polarisationsarten	181
3.1.2	Dipolmoment	183
3.1.3	Polarisationsdynamik	183
3.1.4	Permittivität	185
3.1.5	Wirk- und Blindleistung	194
3.2	Einrichtungen	199
3.2.1	Arbeitskondensator	200
3.2.2	Speisequellen	207
3.2.3	Anpassung	210
3.3	Gesundheitsschutz	219
3.4	Anwendungen	220
3.4.1	Kennzahlen	220
3.4.2	Anwendungsbeispiele	221
3.5	Wellenbildung am Arbeitskondensator	222
3.5.1	Leitungsbeläge	223
3.5.2	Differentialgleichungen	225
3.5.3	Allgemeine Lösung	226
3.5.4	Unendliche Länge	227
3.5.5	Endliche Länge	228

4	Mikrowellenerwärmung	235
4.1	Besonderheiten	235
4.2	TEM-Wellenleiter	236
4.2.1	Wellengleichungen	237
4.2.2	Reflexionsfaktor	241
4.2.3	Anpassung	246
4.3	Komponenten	259
4.3.1	Mikrowellenquelle	261
4.3.2	Richtkoppler	263
4.3.3	Zirkulator	264
4.3.4	Absorber	265
4.3.5	Tuner	265
4.3.6	Leitungsstück	266
4.3.7	Applikator	267
4.4	Hohlwellenleiter	267
4.4.1	Rechteckhohlleiter	269
4.4.2	Kreishohlleiter	275
4.5	Applikatoren	278
4.5.1	Einmodige Applikatoren	278
4.5.2	Mehrmodige Applikatoren	281
4.5.3	Mikrowellenstrahler	284
4.6	Anpassung	284
4.6.1	Voraussetzungen	285
4.6.2	Anpassungsbeispiele	285
4.7	Dielektrischer Halbraum	293
4.7.1	Annahmen	294
4.7.2	Differentialgleichung	295
4.7.3	Feldgleichung	296
4.7.4	Feldverteilung im Halbraum	297
4.7.5	Reflexion	300
4.8	Anwendungen	304
4.8.1	Kennwerte	304
4.8.2	Anwendungsbeispiele	307
4.9	Gesundheitsschutz	308
4.9.1	Biologische Wirkungen	308
4.9.2	Grenzwerte	312
4.9.3	Messungen	315

5	Direkte Widerstandserwärmung	317
5.1	Stromeintrag über Kontakte	317
5.1.1	Kontakte	318
5.1.2	Erwärmen langer Werkstücke	321
5.1.3	Erwärmen und Umformen	322
5.1.4	Stromversorgung	323
5.1.5	Leistungsberechnung	326
5.1.6	Eigenschaften und Kennziffern	332
5.1.7	Widerstandsschweißen	332
5.1.8	Weitere Anwendungen	337
5.2	Stromeintrag über Elektroden	338
5.2.1	Reduktionsöfen	340
5.2.2	Glasschmelze	343
5.2.3	Elektroschlacke-Umschmelzen	346
5.2.4	Weitere Anwendungen	347
6	Lichtbogenschmelzen	351
6.1	Physikalische Grundlagen	352
6.1.1	Einteilung von Plasmen	352
6.1.2	Entladungsweg	353
6.1.3	Elektronen Emission	355
6.1.4	Ionisation	356
6.1.5	Bogenansatz	358
6.1.6	UI-Kennlinie	358
6.2	Gleichstrombogen	359
6.2.1	Bogenkennlinie	360
6.2.2	Arbeitspunkt	360
6.2.3	Elektroden	363
6.2.4	Stromversorgung	365
6.2.5	Gleichstrom-Lichtbogenofen	367
6.2.6	Weitere Anwendungen des Gleichstrombogens	372
6.3	Wechselstromlichtbogen	377
6.3.1	Eigenschaften	377
6.3.2	Fourieranalyse	380
6.3.3	Kreisdiagramm	381
6.3.4	Drehstrom-Lichtbogenofen	386
6.3.5	Weitere Anwendungen des Wechselstrombogens	410
6.3.6	Hochfrequenzplasma	411

6.4	Funkenentladung	412
6.4.1	Prinzip	412
6.4.2	Anwendungen	415