

Hans- Joachim Peter

Handbuch Induktives Löten

2., überarbeitete Auflage

Peter

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
2	Kurzer Rückblick zu den Anfängen der Löttechnik	15
3	Grundlagen der induktiven Erwärmung	21
3.1	Einführung	21
3.2	Leistungsdichten	21
3.3	Induktionsgesetz	21
3.3.1	Stromeindringtiefe und Temperaturverteilung	23
3.3.2	Frequenzbereiche	28
3.3.3	Induktorwirkungsgrad	29
3.3.4	Leistungsumsatz	33
4	Induktoraufbau	45
4.1	Induktorformen	45
4.1.1	Außen- und Innenfeldinduktoren	48
4.1.2	Ein- und mehrwindige Induktoren	50
4.1.3	Flächeninduktoren	51
4.1.4	Haarnadelinduktoren	54
4.1.5	Linieninduktoren	55
4.1.6	Tunnelinduktoren	55
4.1.7	Gabelinduktoren	56
4.1.8	Löffelinduktoren	57
4.1.9	Powerline-Induktoren	58
4.1.10	Magnetfeldkonzentratoren	59
4.1.11	Mehrfachinduktoren	64
4.1.12	Klappinduktoren	65
4.1.13	Schutzgasinduktoren	66
4.2	Induktorrohrdimensionen	68
4.3	Induktorpositionierung	69
4.4	Bau von Induktoren	70
4.4.1	Handwerklicher Induktoraufbau	70

5	Induktionserwärmungsanlagen	75
5.1	Energiequellen moderner Induktionserwärmungsanlagen	75
5.1.1	Arbeitsweise – Funktionsprinzip eines Umrichters	76
5.2	Anlagenkühlung	83
5.3	Aufbau der Induktionserwärmungsanlagen	85
6	Grundlagen der Löttechnik	87
6.1	Begriffe der Löttechnik	87
6.2	Benetzung, Ausbreitung, Diffusion, Bindung	89
6.2.1	Benetzung	89
6.2.2	Kapillarer Fülldruck p_K	92
6.2.3	Diffusionszonen	98
6.3	Löt- und erwärmungsgerechte Konstruktion	102
6.4	Lötprozess	109
7	Grundwerkstoffe, Zusatz- und Hilfsstoffe	113
7.1	Grundwerkstoffe	113
7.2	Zusatz- und Hilfsstoffe	113
7.2.1	Weichlote	115
7.2.2	Hart- und Hochtemperaturlote	116
7.2.3	Hilfsstoffe	118
7.2.3.1	Flussmittel	119
	Flussmittelauftrag	122
	Entfernung von Flussmittelresten	123
7.2.3.2	Schutzgase	123
7.2.3.3	Vakua	130
8	Lotzuführung	133
	Löten mit manuell zugeführtem Lot	133
	Löten mit eingelegtem Lot	133
	Löten mit Lotdepot	135
	Löten mit Lotbeschichtung	135
	Löten mit Lotdrahtzuführgerät	135
	Löten mit Lotpaste	135
9	Festigkeit von Lötverbindungen	137
9.1	Festigkeit von Weichlötverbindungen	138
9.2	Festigkeit von Hartlötverbindungen	139

10	Induktionslötteinrichtungen	141
10.1	Induktionslötanlagen	141
10.2	Steuerung von Induktionslötanlagen	146
10.2.1	Temperaturmess- und -regelgeräte	146
10.3	Komplettlötanlagen	148
	Beispiel: Schutzgaslöten von Saugrohr mit Saugglocke	148
11	Weitere Lötbeispiele aus der Praxis	155
11.1	Elektromaschinenbau	155
11.1.1	Überlappverbindungen von Kupferflachdrähten	156
	Anlagentechnik für einfache Überlappverbindungen	156
	Anlagentechnik mit Gripzangen-HHT	157
	Anlagentechnik mit Lötpistole	158
11.1.2	Stoßverbindungen von Kupferflachdrähten	161
	Anlagentechnik bei mittleren Werkstückabmessungen	161
	Anlagentechnik bei kleineren Werkstückabmessungen	163
11.1.3	Verbindungen von massiven Kupferprofilen	165
	Löten im Ständerbau	166
	Reparaturlöten im Ständerbau	168
	Löten im Läuferbau	169
	Anlagentechnik im Schleifringläuferbau	172
11.2	Elektrotechnische Bauelemente	175
	Hartlöten von Schaltstücken	175
	Hartlöten von CEE-Steckverbindern aus Messing	178
11.3	Maschinen- und Apparatebau	180
11.3.1	Hartlöten von Rohrsteckverbindungen	180
	Durchmesser 25 x 1,2 mm, Edelstahl, Beispiel 1	180
	Durchmesser 28 x 1,2 mm, Edelstahl, Beispiel 2	182
	Aluminiumrohr, Durchmesser etwa 10 mm, Beispiel 3	184
	Aluminiumrohr mit Kupferrohr, Beispiel 4	185
11.3.2	Aluminiumrohr in Aluminiumflansch	187
11.3.3	Aluminiumrohr seitlich an Aluminiumrohr	188
11.3.4	Aluminiumanschlußstülle an Aluminiummuffler	189
11.3.5	Stoßlötverbindung eines Aluminiumprofils	190
11.3.6	Kupferrohr in Kupfer-Wärmetauscher	192
11.3.7	Kupfer-Rohrbögen in Kupfer-Standrohre	193
11.3.8	Zwei Kupferrohre in ein Kupferblechteil	195
11.3.9	V2A-Stahl-Rohrbögen in V2A-Stahl-Standrohre	197
11.3.10	Rohr/Rohrenden-Lötverbindung	199
11.3.11	Stahlrohr/Fitting-Lötverbindung	201
11.3.12	Stahlrohr/Anschlussstück-Lötverbindungen	203
	Stahlrohr/Ringstück-Verbindung, Beispiel 1	204

	Stahlrohr/Ringstück-Verbindung, Beispiel 2	205
	Stahlrohr/Ringstück-Verbindung, Beispiel 3	209
	Stahlrohr/Flansch-Verbindung, Beispiel 4	211
	Stahlrohr/Flansch-Verbindung, Beispiel 5	212
	Stahlrohr/Flansch-Verbindung, Beispiel 6	213
	Zwei Stahlrohre an Blechteil, Beispiel 7	215
	Stahlrohr/Winkelstück-Verbindung, Beispiel 8	217
	Edelstahlrohr/Kugelbuchse-Verbindung, Beispiel 9	218
11.3.13	Welle in Absperrventilscheibe	220
11.3.14	Heizstab in Messingbuchse	222
	Beispiel 1	222
	Beispiel 2	223
	Beispiel 3	225
11.3.15	Stahlstift in Stahlblechteil	226
11.3.16	Kleinteile unter Schutzgas löten	226
11.3.17	Buchse an Rohrteil unter Schutzgas löten	229
11.3.18	Federstößel in Federteller unter Autoschutzgas löten	230
11.3.19	Buchse an Flansch unter Schutzgas löten	233
11.3.20	V2A-Kapillarrohr in V2A-Grundkörper unter SG löten	234
11.3.21	Kupferröhrchen und Kupferrohr in Ms-Grundkörper	235
11.3.22	Messingnapf an Kupferrohr	237
11.3.23	Zwei V2A-Faltenbälge an V2A-Grundkörper	239
11.3.24	V2A-Faltenbalg an zwei Messing-Grundkörper	240
11.3.25	Einfüllstutzen an Tank unter Schutzgas löten	241
11.3.26	Weichlöten eines Thermostatregelteils	243
11.3.27	Weichlöten von Einzelteilen eines Thermostatsystems	244
	Federteller mit Metallbalg	244
	Verbindungsstück mit Metallbalg und Kapillarrohren	246
11.3.28	Weichlöten von Blechbehältern	247
	Löten von Boden in Kappe	247
	Entlöten eines Deckels von Gehäuse	249
11.4	Werkzeugbau	250
11.4.1	HM-Plättchen auf Kreissägeblätter	250
11.4.2	HM-Einsätze in Bergbauwerkzeugen	253
11.4.3	Diamantboart-Segmente an Granit-Trennscheibe	254
11.5	Turbinenbau	255
11.5.1	HM-Segmente an Eintrittskanten	247
11.5.2	Reparaturlöten und -schweißen von Schaufelblättern	257
11.6	Auftraglöten von Verschleißschichten	259
11.6.1	Panzern mit aufgetragenen Pulverschichten	260
11.6.2	Panzern von Roderädern	262
11.6.3	Panzern von Spurkränzen	263
11.6.4	Panzern von Hohlstempeln	265

12	Lötfehler – Prüfung von Lötverbindungen	271
12.1	Lötfehler	271
	Bindefehler	273
	Füllgradfehler	273
	Fehler durch interkristalline Korrosion	273
	Fehler durch Lötbruch	274
12.2	Kontrolle der Lötverbindungen	274
12.2.1	Prüfverfahren	275
12.2.1.1	Zerstörungsfreie Prüfung	275
	Maß- und Sichtprüfung	275
	Ultraschallprüfung	276
	Durchstrahlungsprüfung	276
	Eindringprüfung	276
	Dichtheitsprüfung	276
12.2.1.2	Zerstörende Prüfung	277
	Aufschälprüfung	277
	Metallographische Prüfung	278
13	Arbeitssicherheit u. Umweltschutz	279
	Induktionserwärmungsanlagen	279
	Lötprozess	280
	Umweltschutz	281
14	Wirtschaftlichkeit des induktiven Lötens	283
15	Normung	285
	Abbildungshinweise	287
	Zusätzliche Literaturhinweise	289
	Bibliographie des Autors (Artikel)	290
	Sachwortverzeichnis	295

