

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der induktiven Erwärmung	6
2.1	Einführung	6
2.2	Leistungsdichten	6
2.3	Induktionsgesetz	7
2.3.1	Stromeindringtiefe und Temperaturverteilung	8
2.3.2	Frequenzbereiche	13
2.3.3.	Induktorkraftungsgrad	14
2.3.4	Leistungsumsatz	18
3	Induktoraufbau	28
3.1	Induktormformen	28
3.1.1	Außen- und Innenfeldinduktoren	31
3.1.2	Ein- und Mehrwindige Induktoren	32
3.1.3	Flächeninduktoren	34
3.1.4	Haarnadelinduktoren	35
3.1.5	Linieninduktoren	36
3.1.6	Tunnelinduktoren	36
3.1.7	Gabelinduktoren	37
3.1.8	Konzentratoren	38
3.1.9	Magnetfeldkonzentratoren	38
3.1.10	Mehrfachinduktoren	43
3.1.11	Klappinduktoren	44
3.1.12	Schutzgasinduktoren	45
3.2	Induktorkrohdimensionen	47
3.3	Induktorkpositionierung	47
3.4	Bau von Induktoren	48
3.4.1	Handwerklicher Induktoraufbau	49
4	Induktionswärmungsanlagen	52
4.1	Energiequellen	52
4.1.1	Arbeitsweise – Funktionsprinzip	53
4.1.2	Anlagenkühlung	56
4.1.3	Anlagenaufbau	58
5	Grundlagen der Löttechnik	60
5.1	Begriffe der Löttechnik	60
5.2	Benetzung, Ausbreitung, Diffusion, Bindung	62
5.2.1	Benetzung	62
5.2.2	Kapillarer Fülldruck p_k	65
5.2.3	Diffusionszonen	70
5.3	Löt- und erwärmungsgerechte Konstruktion	74
5.4	Lötprozess	81

6	Grundwerkstoffe, Zusatz- und Hilfsstoffe	84
6.1	Grundwerkstoffe	84
6.2	Zusatz- und Hilfsstoffe	84
6.2.1	Weichlote	85
6.2.2	Hart- und Hochtemperaturlote	86
6.2.3	Hilfsstoffe	88
6.2.3.1	Flussmittel	88
	Flussmittelauftrag	91
	Entfernung von Flussmittelresten	91
6.2.3.2	Schutzgase	92
6.2.3.3	Vakua	96
7	Lotzuführung	98
	Löten mit manuell zugeführtem Lot	98
	Löten mit eingelegtem Lot	98
	Löten mit Lotdepot	98
	Löten mit Lotbeschichtungen	98
	Löten mit Lotdrahtzuführgerät	98
	Löten mit Lotpaste	99
8	Induktionslöteinrichtungen	101
9	Lötbeispiele aus der Praxis	104
9.1	Elektromaschinenbau	104
9.1.1	Überlappverbindungen von Kupferflachdrähten	105
9.1.1.1	Anlagentechniken für einfache Verbindungen	105
9.1.1.2	Anlagentechnik mit Gripzangen-HHT	106
9.1.1.3	Anlagentechnik mit Lötpistole	107
9.1.2	Stoßverbindungen von Kupferflachdrähten	110
9.1.2.1	Anlagentechnik bei mittleren Werkstückabmessungen	110
9.1.2.2	Anlagentechnik bei kleineren Werkstückabmessungen	112
9.1.3	Verbindungen von massiven Kupferprofilen	114
9.1.3.1	Löten im Ständerbau	114
9.1.3.2	Reparaturlöten im Ständerbau	117
9.1.3.3	Löten im Läuferbau	117
9.1.3.4	Anlagentechniken im Schleifringläuferbau	121
9.2	Elektrotechnische Bauelemente	123
9.2.1	Löten von Schaltstücken	123
9.2.2	Löten von CEE-Steckverbindern aus Messing	126
9.3	Maschinen- und Apparatebau	128
9.3.1	Löten von Rohrsteckverbindungen	128
	Rohrsteckverbindung Dm. 25 x 1,2 mm, Edelstahl, Beispiel 1	128
	Rohrsteckverbindung Dm. 28 x 1,2 mm, Edelstahl, Beispiel 2	131
	Aluminiumrohr-Lötverbindungen, Beispiel 3	133
	Rohrsteckverbindung Aluminiumrohr in Kupferrohr, Beispiel 4	134
9.3.2	Aluminiumrohr in Aluminiumflansch löten	135
9.3.3	Aluminiumrohr seitlich an Aluminiumrohr löten	136
9.3.4	Aluminiumanschlusstüle an Aluminiummuffler löten	137
9.3.5	Stoßlötverbindung eines Aluminiumprofils	138
9.3.6	Kupferrohr in Kupfer-Wärmetauscher einlöten	140
9.3.7	Kupfer-Rohrbögen in Kupfer-Standrohre einlöten	141

9.3.8	Zwei Kupferrohre in Kupferblechteil einlöten	143
9.3.9	Edelstahl-Rohrbögen in Edelstahl-Standrohre einlöten	145
9.3.10	Rohr/Rohrenden-Lötverbindung	147
9.3.11	Stahlrohr/Fitting-Lötverbindungen	149
9.3.12	Stahlrohr/Ringstück-Lötverbindungen	151
	Beispiel 1	151
	Beispiel 2	159
	Beispiel 3	156
9.3.12	Stahlrohr/Anschlussstück-Lötverbindungen	158
	Stahlrohr/Flansch-Verbindung, Beispiel 1	158
	Stahlrohr/Flansch-Verbindung, Beispiel 2	161
	Stahlrohr/Winkelstück-Verbindung, Beispiel 3	154
9.3.13	Welle in Scheibe einlöten	162
9.3.14	Heizstab in Messingbuchse einlöten	163
	Beispiel 1	163
	Beispiel 2	164
	Beispiel 3	166
9.3.15	Stahlstift in Stahlblechteil einlöten	167
9.3.16	Kleinteile unter Schutzgas löten	168
9.3.17	Buchse an Rohrteil unter Schutzgas löten	171
9.3.18	Federstößel in Federteller unter Autoschutzgas einlöten	171
9.3.19	Buchse an Flansch unter Schutzgas löten	173
9.3.20	Kapillarrohr in Grundkörper unter Schutzgas einlöten (Edelstahl)	174
9.3.21	Drei Kupferröhrchen und ein Kupferrohr in Messingkörper einlöten	175
9.3.22	Saugrohr in Saugglocke einlöten	176
9.3.23	Messingnapf an Kupferrohr löten	178
9.3.24	Zwei Faltenbälge an Grundkörper löten (Edelstahl)	180
9.3.25	Edelstahl-Faltenbalg an zwei Messing-Grundkörper löten	182
9.3.26	Einfüllstutzen an Tank unter Schutzgas löten	183
9.3.27	Thermostatregelteil Weichlöten	184
9.3.28	Einzelteile eines Thermostatmesssystems Weichlöten	185
	Federteller mit Metallbalg	185
	Verbindungsstück mit Metallbalg und Kapillarrohren	187
9.3.29	Blechbehälter Weichlöten	189
	Einlöten von Boden in Kappe	189
	Entlöten eines Deckels von Gehäuse	190
9.4	Werkzeugbau	191
9.5	Auftraglöten von Verschleißschichten	192
9.5.1	Panzern von Roderädern	193
9.5.2	Panzern von Spurkränzen	194
9.5.3	Panzern von Hohlstempeln	196
10	Lötfehler – Prüfung von Lötverbindungen	200
10.1	Lötfehler	200
10.2	Kontrolle der Lötverbindungen	203
10.2.1	Prüfverfahren	203
	Zerstörungsfreie Prüfung	204
	Zerstörende Prüfung	205

11	Arbeitssicherheit u. Umweltschutz	208
	Induktionserwärmungsanlagen	208
	Lötprozess	209
	Umweltschutz	210
12	Wirtschaftlichkeit des induktiven Löten	211
13	Normung	213
	Abbildungshinweise	214
	Weiterführende Literatur	215
	Sachwortverzeichnis	216