

Wolfgang Müller
Jörg-Uwe Müller

Löttechnik

Leitfaden für die Praxis

Vorwort

Verzeichnis der verwendeten Kurzzeichen und Symbole

0	Bemerkungen zur Darstellung des Lötens	1
1	Definitionen löstechnischer Begriffe	2
2	Physikalisch-chemische Betrachtungen zum Löten	10
2.1	Charakter der Verbindungsbildung	10
2.2	Benetzen und Ausbreiten	12
2.3	Betrachtungen zum Wärmehaushalt	16
2.4	Betrachtungen zu den Gleichgewichtsbedingungen beim Löten	16
3	Allgemeine Regeln des Lötens	17
4	Lötgerechte Konstruktion	19
4.1	Zustand und Güte der zu lötenden Oberflächen	19
4.2	Kapillarer Fülldruck und Lötspaltbreite	21
4.3	Füllgrad und Füllgeschwindigkeit	22
4.4	Formänderung der Lötteile als Folge der Erwärmung auf Löttemperatur	23
4.5	Überlapplänge bei auf Scherung beanspruchten Lötverbindungen	23
4.6	Zulässige Betriebsdrücke für Kupferleitungen	25
4.7	Eigenhalterung, Selbstzentrierung, Lötvorrichtungen	26
4.8	Zeichnerische Darstellung von Lötverbindungen	28
5	Lötverfahren	39
5.1	Klassifikation	39
5.2	Lötverfahren, klassifiziert nach der Art der Energieträger bzw. der Wärmezuführung	39
5.2.1	Fester Körper als Energieträger	41
5.2.1.1	Kolbenlöten	41
5.2.1.2	Blocklöten	42
5.2.1.3	Rollenlöten	42
5.2.2	Flüssigkeit bzw. Schmelze als Energieträger	42
5.2.2.1	Lotbadtauchlöten	42
5.2.2.2	Wellen- oder Schwalllöten	43
5.2.2.3	Schlepplöten	44
5.2.2.4	Salzbadlöten	44
5.2.3	Gas als Energieträger	44
5.2.3.1	Flammlöten	44
5.2.3.2	Gasfluxlöten	46
5.2.3.3	Warmgaslöten (Heißluftlöten)	46
5.2.4	Elektrischer Strom als Energieträger	46
5.2.4.1	Induktionslöten	46
5.2.4.2	Widerstandslöten	48
5.2.4.3	Ofenlöten	50
5.2.5	Strahlen und elektrische Gasentladung als Energieübermittler	52
6	Prüfung der Lötbarkeit und der Eigenschaften von Lötverbindungen	53
6.1	Einflußparameter auf die Lötbarkeit und daraus ableitbare Prüfverfahren	53

8.5	Hartlote	125
8.5.1	Basismetalle	125
8.5.2	Lote auf Aluminium- und Magnesiumbasis	125
8.5.2.1	Lote auf Aluminiumbasis	126
8.5.2.2	Lote auf Magnesiumbasis	128
8.5.3	Silberlote	129
8.5.3.1	Feinsilber-, Silber-Kupfer- und andere Silber-Zweistofflote	129
8.5.3.2	Silber-Kupfer-Zink-Lote	132
8.5.3.3	Vier- und Mehrstoff-Lote auf Basis Silber-Kupfer-Zink	135
8.5.3.3.1	Lote auf Basis Silber-Kupfer-Zink-Kadmium	135
8.5.3.3.2	Zinnhaltige Silber-Mehrstofflote	140
8.5.3.3.3	Nickel- und manganhaltige Silber-Mehrstofflote	141
8.5.3.4	Silber-Mehrstofflote ohne Kupfer	144
8.5.3.5	Phosphorhaltige Silberlote	144
8.5.3.6	Sonstige Silber-Mehrstofflote	146
8.5.3.7	Verunreinigungen in Silberloten	149
8.5.4	Palladiumlote	150
8.5.5	Goldlote	154
8.5.6	Platinlote	157
8.5.7	Lote auf Kupferbasis	157
8.5.7.1	Kupferlot	157
8.5.7.2	Kupfer-Phosphor-Lote	160
8.5.7.3	Kupfer-Zink-Lote	161
8.5.7.4	Kupfer-Zink-Nickel-Lote	163
8.5.7.5	Kupfer-Nickel-Lote	164
8.5.7.6	Kupfer-Mangan-Lote	164
8.5.7.7	Kupfer-Zinn- und sonstige Lote auf Kupferbasis	165
8.5.7.8	Verunreinigungen in Kupferbasisloten	165
8.5.8	Nickel- und Kobaltbasislote	167
8.5.9	Eisenbasislote	175
8.5.10	Titan- und Zirkonlote	176
8.5.11	Hafnium-, Niob- und Tantalote	177
8.5.12	Glaslote	178
8.6	Lieferformen von Loten	179

9 Korrosion von Loten und Lötverbindungen 181

9.1	Definition	181
9.2	Chemische Korrosion	181
9.3	Elektrochemische Korrosion	181
9.4	Korrosionsverhalten ausgewählter Loten und Lötverbindungen	183
9.4.1	Korrosionsverhalten von Hartloten auf Kupfer- und Silberbasis	183
9.4.2	Korrosionsverhalten von Lötverbindungen an Kupfer und Kupferlegierungen	185
9.4.3	Korrosionsverhalten von Lötverbindungen an Stählen	186
9.4.4	Korrosionsverhalten von Lötverbindungen an Aluminium und Aluminiumlegierungen	187

10 Löten ausgewählter Grundwerkstoffe 188

10.1	Löten von Kupfer	188
10.1.1	Weichlöten	188
10.1.2	Hartlöten	189
10.2	Löten von Kupferlegierungen	190
10.3	Löten von Eisen und unlegierten Stählen	192
10.3.1	Weichlöten	192

10.3.2	Hartlöten	193
10.4	Löten von legierten Stählen	193
10.4.1	Weichlöten	193
10.4.2	Hartlöten	194
10.5	Löten von Gußeisen	195
10.5.1	Gußeisensorten und deren Vorbehandlung	195
10.5.2	Weichlöten	196
10.5.3	Hartlöten	197
10.6	Löten von Hartmetallen	197
10.6.1	Werkstoffgruppen und Vorbehandlung	197
10.6.2	Weichlöten	198
10.6.3	Hartlöten	198
10.7	Löten von Nickel und Nickellegierungen	199
10.7.1	Weichlöten	199
10.7.2	Hartlöten	199
10.8	Löten von Kobalt	200
10.9	Löten von Aluminium und Aluminiumlegierungen	200
10.9.1	Maßnahmen zur Oxidhautentfernung während des Lötens	200
10.9.2	Weichlöten	200
10.9.3	Hartlöten	201
10.10	Löten von Magnesium und Magnesiumlegierungen	203
10.11	Löten von Zink und Zinklegierungen einschließlich verzinkten Teilen	204
10.11.1	Weichlöten	204
10.11.2	Hartlöten	205
10.12	Löten von Zinn und Zinnlegierungen	205
10.13	Löten von Blei und Bleilegierungen	205
10.14	Löten von Cadmium	206
10.15	Löten von Edelmetallen	206
10.15.1	Weichlöten	206
10.15.2	Hartlöten	207
10.16	Löten von metallischen Sonderwerkstoffen	207
10.16.1	Löten von Beryllium	208
10.16.2	Löten von Titan	209
10.16.3	Löten von Zirkon	210
10.16.4	Löten von Niob	211
10.16.5	Löten von Tantal	212
10.16.6	Löten von Molybdän	212
10.16.7	Löten von Wolfram	214
10.17	Löten von nichtmetallischen Werkstoffen	215
10.17.1	Löten von Graphit und Diamant	215
10.17.2	Löten von Keramik	217
10.17.3	Löten von Glas	217
10.17.4	Löten von Siall, Ferrit und Saphir	218
10.17.5	Löten von Plasten	218

Anhang		220
---------------	--	-----

Übersicht über die im vorliegenden Buch zitierten DIN- sowie Folgenormen – Stand 12/1994		220
---	--	-----

Literaturverzeichnis		222
----------------------	--	-----

Sachwortverzeichnis		234
---------------------	--	-----