

## 目 次

1. まえがき	1
2. はんだ付けの基礎	3
2.1 電子工業と接合技術	3
2.2 はんだ付けの定義	4
2.3 ぬれ (Wetting)	4
2.3.1 金属の構造	5
2.3.2 原子間に働く力と接合	6
2.3.3 熔融金属の凝集力	9
2.3.4 表面張力	10
2.3.5 毛管現象	10
2.3.6 固体金属面に対する熔融金属のぬれ	11
2.4 拡散 (Diffusion)	12
2.4.1 ろう付けにおける拡散	13
2.4.2 Fick の拡散法則	15
2.4.3 凝固	16
2.5 接着様式	16
2.5.1 固溶体 (Solution)	17
2.5.2 金属間化合物 (Intermetallic compound)	18
2.5.3 共晶 (Eutectic) 接着	18
2.5.4 付着型 (adhesion type) 接着	20
3. はんだ および フラックス	21
3.1 Sn-Pb 系はんだ	21
3.1.1 はんだの歴史	21
3.1.2 錫	22

## 2

3.1.3	鉛	24
3.1.4	はんだの状態図	26
3.1.5	はんだ中の鉛の挙動	27
3.1.6	はんだの特性	28
3.1.7	はんだの不純物	30
3.1.8	はんだの分類	34
3.1.9	用途	34
3.2	その他のはんだ	37
3.2.1	アルミニウム用はんだ	37
3.2.2	ほかの金属を含むはんだ	40
3.2.3	高温はんだ	44
3.2.4	低温はんだ	46
3.2.5	熱起電力の小さいはんだ	48
3.3	フラックス(Flux)	48
3.3.1	フラックスの作用	49
3.3.2	フラックスの必要条件	51
3.3.3	フラックスの分類	51
3.4	無機フラックス	52
3.5	有機フラックス	53
3.5.1	フラックスの状態分類(樹脂フラックス)	53
3.5.2	樹脂型フラックス	54
3.5.3	松やにフラックス	54
3.5.4	活性フラックス(Activated flux)	56
3.6	アルミ用フラックス	58
4.	加熱機器と工具類	61
4.1	加熱機器の伝熱	61
4.1.1	伝導	62
4.1.2	対流	64

4.1.3	輻射	65
4.1.4	三種の伝熱機構の相互関係	66
4.2	加熱機器	67
4.2.1	電気はんだゴテ	67
4.2.2	はんだバス	78
4.2.3	電熱炉	82
4.2.4	赤外線炉	83
4.2.5	カーボンピットはんだ付機	84
4.2.6	高周波加熱炉	86
4.2.7	超音波はんだゴテ	87
4.2.8	オイルバスはんだ付機	89
4.2.9	電気はんだゴテの JIS (C-9211-1958)	90
4.3	はんだ付け自動化の問題	93
4.3.1	機械化の目的	93
4.3.2	はんだ付けの工程	94
4.3.3	自動化方法の選定	95
4.3.4	最近のはんだ付けの動向	97
4.4	フローソルダリングマシン (Flow soldering machine)	98
4.4.1	歴史的にみた各社の自動化・機械化	98
4.4.2	フローソルダリングマシンの概説	99
4.4.3	生産ラインへの導入	102
4.4.4	フローソルダリングマシンのメーカー	103
4.5	配線はんだ付けに必要な工具	103
4.5.1	ヒートシンクまたはサーマルシャント	104
4.5.2	リード線成形工具	104
4.5.3	はんだ吸い取り機	105
4.5.4	ワイヤストリップ	105
4.5.5	コテ先清掃スポンジ	105
4.5.6	コテ台	106

4.5.7	線摩き工具	106
4.5.8	ニッパ	106
4.5.9	ヤットコ	106
5.	接合設計	108
5.1	接合部の劣化	108
5.1.1	劣化の分類	108
5.1.2	劣化要因とその問題点	111
5.2	機器の設置場所における環境条件	112
5.2.1	温度	113
5.2.2	湿度	114
5.3	機械的劣化と構造条件	115
5.3.1	接合間隔	115
5.3.2	機械的荷重	116
5.3.3	金属表面処理	117
5.3.4	接合母材の変化および劣化	122
5.4	接合条件（作業性）	124
5.4.1	接合体の形状および材質	125
5.4.2	一般配線	125
5.4.3	印刷配線に関する考慮	125
5.5	印刷配線板の予備知識	127
5.5.1	印刷基板の製造の概要	127
5.5.2	印刷基板の製造工程	129
5.5.3	印刷基板構成材料	131
5.5.4	化学処理	135
5.5.5	銅張り積層板の種類と主な特性	137
5.5.6	引き剥し強度	138
5.6	印刷配線板のはんだ付け設計	141
5.6.1	印刷配線板の回路の金属表面	142

〔はんだメッキ銅線の諸特性について〕 .....	143
5.6.2 リード線径と孔径比 .....	148
5.6.3 導体間隔と導体幅 .....	149
5.6.4 部品の配置 .....	150
5.6.5 印刷基板の保護処理 .....	150
5.6.6 印刷基板組立の環境劣化防止 .....	152
5.7 信頼性に関する文献抄録 .....	153
5.7.1 印刷基板のはんだ付けの信頼性に関する論文抄録 .....	154
5.7.2 はんだ付けの信頼性に関する論文抄録 .....	159
5.7.3 プリント配線板の信頼性 .....	164
5.8 アルミニウムの接合設計 .....	166
5.8.1 アルミニウムのはんだの耐食性 .....	167
5.8.2 アルミニウムの接合方法 .....	167
5.9 機構部品のはんだ付け .....	170
5.9.1 機構用はんだの選択 .....	172
5.9.2 フラックスの選択 .....	174
5.9.3 接合部の設計 .....	175
6. はんだ付け作業 .....	177
6.1 はんだ付けの予備知識 .....	177
6.1.1 はんだ付けの 4M .....	178
6.1.2 はんだ付けの作業要素 .....	178
6.1.3 はんだ付材料の選択 .....	179
6.1.4 工具の選定 .....	183
6.1.5 加熱温度と接合強度 .....	184
6.1.6 接合条件 .....	184
6.2 端子はんだ付作業 .....	187
6.2.1 一般配線の材料 .....	187
6.2.2 コテの手入れ .....	189

6.2.3	予備はんだ付け	190
6.2.4	線の固定	190
6.2.5	加熱	192
6.2.6	はんだ付け	193
6.2.7	はんだ付後の点検	194
6.2.8	差込みはんだ付け	194
6.3	印刷配線板のはんだ付け	195
6.3.1	作業上の注意	196
6.3.2	部品準備	198
6.3.3	部品取り付け	199
6.3.4	はんだ浸し	201
6.3.5	電気ゴテによる印刷基板のはんだ付け	203
6.3.6	各種はんだ付不良の原因	205
6.3.7	修正	206
6.3.8	保守修理上の注意事項	208
6.4	電気・電子部品のはんだ付け	211
6.4.1	装置配線との関係	212
6.4.2	絶縁板上の電極はんだ付け	213
6.4.3	細線と口出線とのはんだ付け	214
6.4.4	フラックスから発生するガスの影響	217
6.4.5	碍子端子やガラス端子を有するケースのはんだ付け	217
6.4.6	水晶振動子のはんだ付け	218
6.4.7	半導体の電極付け	220
6.5	アルミニウムのはんだ付け	226
6.5.1	反応はんだの反応経過	226
6.5.2	アルミニウムのはんだ付けの難易	227
6.6	特殊金属のはんだ付け	228
6.6.1	ステンレスのはんだ付け	228
6.6.2	低炭素鋼のはんだ付け	230

6.6.3	ガラスのはんだ付け	230
6.7	機構品のはんだ付け方法	230
6.7.1	全身はんだ浸しまたは錫浸し	231
6.7.2	前処理	232
6.7.3	はんだ付け	233
6.7.4	後処理	238
6.7.5	修理	239
7.	はんだ付けの検査	241
7.1	はんだ付け検査方法	241
7.1.1	視覚検査	242
7.1.2	指触検査	242
7.2	不良例とその原因	242
7.2.1	一般端子はんだ付け不良例とその原因	243
7.2.2	印刷配線板のはんだ付け不良例	246
7.3	マーキング	250
7.4	電氣的検査	250
7.5	はんだ付けの信頼性	251
7.5.1	はんだ付けの品質管理	253
7.5.2	接合材料の検査	255
7.5.3	フラックス	255
7.5.4	はんだ	256
7.5.5	部品のはんだ付性試験	257
7.5.6	密閉形ケースのはんだ付気密試験法	257
7.6	はんだ付検査の関連規格	258
7.6.1	米軍はんだ付検査規格 (MIL-STD-252-A)	258
7.6.2	電子工業会はんだ付性試験 EIA	259
7.6.3	部品リードに対するはんだ付性試験	262
7.7	機構品のはんだ付検査 (MIL-S-6872-B)	268

7.7.1	品質保証	270
8.	はんだ付けの教育と技能訓練	272
8.1	入職技能教育	274
8.1.1	導入	274
8.1.2	教育訓練の要点	275
8.1.3	教育方法	276
8.1.4	教育の合理化	277
8.2	技能コンクール	282
8.2.1	課題の選定	282
8.2.2	競技要領の作成	282
8.2.3	課題作成要領	283
8.2.4	審査基準	283
8.2.5	競技結果の教育訓練へのフィードバック	284
8.3	はんだ付けの技能検定	284
8.3.1	NASA(米国宇宙局)の検定	285
8.3.2	一般的なはんだ付検定	285
9.	はんだ付作業の安全衛生	289
9.1	フラックスに対する安全衛生	289
9.1.1	労働安全衛生の関係法令	289
9.1.2	労働科学研究所の調査資料	291
9.2	はんだに対する安全衛生	297
9.2.1	鉛についての安全衛生規則	297
9.2.2	労働科学研究所の調査結果	299
9.2.3	その他の安全対策	301
	付録	303
	索引	353