Obsah

Kapitola 1.
Proč bezolovnaté pájení v elektrotechnice 11
1.1 Obecně 12
1.2 Celosvětový pohled 14
1.3 Evropa a Česká republika 15
1.4 Novela zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech 18
1.4.1 Hlavní principy 18
1.4.2 Základní povinnosti v oblasti elektroodpadu 18
1.4.3 Zpětný odběr elektrozařízení a oddělený sběr elektroodpadu 19
1.4.4 Prevence vzniku elektroodpadu 20

Kapitola 2.
Měkké pájení v elektrotechnice 21
2.1 Historie měkkého pájení 22
2.2 Teorie měkkého pájení 22
2.2.1 Pájitelnost 23
Nesmáčení 23
Smáčení 23
Odsmáčení 23
2.2.2 Pájecí tavidla 24
Tavidla rozpustná v rozpouštědle 24
Pryskyřičná tavidla na bázi kalafuny 24
• typ R 24
• typ RMA (pryskyřičné tavidlo s aktivátory) 24
• typ RA (pryskyřičné tavidlo s větší účinností aktivátorů) 25
• typ RSA (pryskyřičné tavidlo velmi silně aktivované) 25
Syntetická tavidla 26
Syntetická aktivovaná tavidla (SA) 26
Tavidla rozpustná ve vodě 26
Tavidla bez čištění 27
Účinnost tavidla 27
2.2.3 Některé problémy pájitelnosti 28
Oxidace 28
Znečištění 28
Porézní povrch pájky 28
Nesprávné spojovací metalurgie 28
2.2.4 Zkoušky pájitelnosti 29
Ponořovací test 29
Metoda smáčecích vah 30
Odolnost proti rozpuštění metalizace 31
Kuličkový test 32
Test roztékavosti 32
2.2.5 Kritéria pro pájený spoj 32
Jakost pájeného spoje 33
Stárnutí materiálu 33
Mechanické namáhání 34

Tepelné namáhání 34
Životnost pájených spojů 35
2.3 Ruční pájení 36
2.3.1 Běžná dílenská pájedla 36
Konstrukce pájecího hrotu dílenského pájedla 38
Teplo 38
Namáhání a trhliny 39
Koroze 39
„Odsmáčení“ 40
Opotřebení a obrušování 41
Tavidlo je tavidlo, ale ne vždy 41
Přehled pokynů pro péči o pájecí hrot 41
Proč se pájecí hroty opotřebovávají tak rychle? 42
2.3.2 Pájedla s vysokou obnovou tepla 44
2.3.3 Čištění pájecího hrotu 45
2.3.4 Pájení ostřeným proudem horkého vzduchu 46
2.3.5 Vysokofrekvenční pájení 46
2.4 Strojní pájení vlnou 47
2.4.1 Jednotlivé operace při pájení vlnou 47
Připouštění oleje 49
Konstrukce vlny 49
2.4.2 Jednoduchá vlna 50
2.4.3 Dvojitá vlna 51
Vlastnosti dvojité vlny 52
Obecné: 52
Teplota: 52
2.4.4 Dutá vlna 52
Elektrodynamické čerpadlo 53
2.4.5 Teplotní profil 54
2.4.6 Ochrana roztavené pájecí slitiny 55
Použití pájecího oleje 55
Pájení bez oleje 55
Výhody: 55
Nevýhody: 55
Pájení bez oleje – pájecí olej kryje lázeň pájky 55
Výhody: 56
Nevýhody: 56
Pájecí olej připouštěn do vlny – pájení s olejem 56
Výhody: 56
Nevýhody: 56
Ochrana inertním plynem 57
Antioxidační přípravky a likvidace zoxidované pájky 57
2.5 Strojní pájení přetavením 58
2.5.1 Pájecí pasty 58
Velikost zrn 58
Tavidlo v pájecí pastě 59
Nanášení pájecí pasty 60
Nanášení pájecí pasty dávkováním 60
Tisk přes síto 61

Tisk přes šablonu 62
2.5.2 Pájení v parách 64
2.5.3 Přetavení infračerveným zářením 64
2.5.4 Nucené proudění 66
2.5.5 Teplotní profil 67
2.6 Kontrola a testování osazených desek s plošnými spoji pájených olovnatými slitinami 68
Optické kontroly a testy 69
Elektrické kontroly a testy 69
Funkční test 69
Vnitroobvodový (in-circuit, MDA) test 70
Klimatické kontroly a testy 70
Mechanické kontroly a testy 71
2.6.1 Elektrické testovací systémy 71
MDA a Incircuit testovací systémy 71
Jehlová pole 71
Testovací adaptér (přípravek) 73
2.6.2 Optické testovací systémy 74
Základní rozdělení automatických optických testovacích systémů (AOI) 75
a) laserové 75
b) kamerové 75
Rozdělení zařízení AOI s CCD kamerou 76
1) Jednokamerové 76
a) jeden zdroj světla 76
b) více zdrojů světla 77
c) jednokamerový systém s použitím zrcadla 77
d) jednokamerový systém pracující jako skener 78
2) Vícekamerové 78
a) AOI s pěti kamerami 78
b) AOI se dvěma kamerami 79
Vyhodnocení kvality pájení v AOI 79
Způsoby kontroly pájení SMD v AOI 80
1) Jednotlivé barvy (vlnové délky) 80
2) Bílé světlo 80
Doporučené vybavení AOI 81
1) ATT (nástroj automatického učení) - import dat z CAD, osazovacího automatu .. 81
2) Vestavěný systém statistického řízení procesu (SPC) 81
3) Vestavěný systém provádění oprav 81
4) Systém knihoven 82
5) Mechanický značkovač 82
2.6.3 Porovnání kontrol a testů 82

Kapitola 3.
Pájecí slitiny 83
3.1 Slitiny cín-olovnaté 84
3.1.1 Fázový diagram 84
3.1.2 Podvojné slitiny 85
3.1.3 Čistota pájecí slitiny 86
3.2 Slitiny bez olova 87
Kritéria bezolovnaté pájky 87

3.2.1 Životaschopné bezolovnaté slitiny 87
1. Sn96.5/Ag3.5 (Sn96/Ag4) 88
2. Sn99.3/Cu0.7 (Sn99/Cu1) 88
3. Sn/Ag/Cu 89
4. Sn/Ag/Cu/X 91
5. Sn/Ag/Bi/X 91
6. Sn/Sb 92
7. Sn/Zn/X 93
8. Sn/Bi 93
Cena 93
Olovo ve sloučeninách 94
Názor konsorcií 94
3.2.2 Zvolené slitiny 95
Shrnutí 95
3.2.3 Čistota pájecí slitiny 96
3.2.4 Rizika bezolovnatých pájecích slitin v extrémních pracovních teplotách 97
3.2.5 Mechanické vlastnosti bezolovnatých slitin 98
3.2.6 Další problémy 98
3.2.7 Bezolovnaté pájky na současném trhu 98
Circuit Chemical Products GmbH 99
Trubičková pájka CCP- Lead free 99
Pájecí pasta CCP SMD 630BF- No clean Pb free 99
Pájecí pasta CCP SMD 631 BF- No clean Pb free 99
Pájecí pasta CCP SMD 632 BF- No clean Pb free 99
Pájecí pasta CCP SMD 6021 BF- No clean Pb free 99
Kovohutě Příbram a.s. 100
Pájky tvářené 100
Pájky pro strojní pájení 100
Indium Corporation of America 100
Nízkoteplotní slitiny 100
Slitiny se střední teplotou tavení 100
Slitiny s vysokou teplotou tavení 101
AIM SOLDER 101
Pb-Free pájecí slitiny 101
Pb-Free pájecí pasty 101
Trubičkové pájky Pb-free 101
Multicore ® 101
STANNOL GmbH 102
KESTER ® 102
CYNEL UNIPRESS Sp. z o.o. 102

Kapitola 4.
Problematika bezolovnatého pájení 103
4.1 Ruční pájení 104
4.1.1 Základní problémy při pájení s bezolovnatými pájkami 104
Oxidace pájecího hrotu 104
Nezvyšovat zbytečně teplotu pájecího hrotu 105
Zvýšení tepelné kapacity pájedla 107
Proč se snižuje životnost běžného pájecího hrotu bezolovnatými pájkami? 110

4.1.2 Hlavní zásady práce s bezolovnatými pájkami při ručním pájení 112
4.1.3 Pájení součástek bezolovnatými pájkami 115
4.2 Pájení vlnou 115
4.2.1 Základní odlišnosti při bezolovnatém pájení vlnou 115
4.2.2 Změny v konstrukci pájecích vln 116
4.2.3 Teplotní profil při pájení 121
4.2.4 Chyby při bezolovnatém pájení vlnou 122
Příklady vad pájených spojů 123
Kdy lze očekávat problémy a jak jim předcházet: 124
1. Pájení jemných roztečí. 124
2. Pájení sestav s hmotnými kovovými díly. 124
3. Pájení desek s plošnými spoji z tvrzeného papíru (FR-2, FR-3). 124
4. Pájení silnějších desek s plošnými spoji. 125
5. Pájení sestav s tepelně citlivými díly. 125
4.2.5 Optimalizace pájení vlnou pro bezolovnatou technologii 125
4.2.6 Specifika selektivního pájení 126
4.3 Pájení přetavením 127
4.3.1 Tisk bezolovnatých past 128
4.3.2 Tepelné zpracování bezolovnatých pájek 128
4.3.3 Přetavovací pece pro bezolovnaté přetavení 129
4.3.4 Teplotní profil pro pájení přetavením 133
4.3.5 Typické chyby při bezolovnatém pájení přetavením 136
4.3.6 Vodivá lepidla – alternativa standardních technologií 139
4.4 Pájení v dusíkové atmosféře 140
4.4.1 Dusík 140
4.4.2 Pájení pod dusíkem 141
4.4.3 Pájení vlnou pod dusíkem 143
4.4.4 Pájení přetavením pod dusíkem 144
4.4.5 Ruční pájení pod dusíkem 145
4.5 Tavidla, čisticí a pomocné prostředky 146
4.6 Součástky 148
4.6.1 Obecně 148
4.6.2 Projekty světových výrobců součástek 151
PHILIPS 151
Hlavní problémy 151
Vývody bez olova 152
Plán zavedení bezolovnatých technologií 152
Návrh procesu pájení bez olova 152
ANALOG - DEVICES 153
Cíl 153
Problémy 154
Vývodové prvky 154
BGA 155
Pozice 155
MOLEX 157
MATSUSHITA 158
4.7 Desky s plošnými spoji 159
4.7.1 Základní materiály 159
4.7.2 Pokovení 161

Hot Air Levelling (HAL): 162
Pájecí laky: 162
Organické povrchy: 162
Přetavení slitinou Sn/Pb v brodicím válci: 162
Hot Air Levelling bezolovnaté: 162
Kovové imersní povrchy: 163
4.8 Kontrola testování osazených desek s plošnými spoji pájených bezolovnatými slitinami 165
4.8.1 AOI v bezolovnatém pájení 165
Proč je optická kontrola bezolovnaté pájky obtížnější? 165
Bezolovnatá pájka a automatická optická kontrola (AOI) 166
4.8.2 Elektrické testovací systémy v bezolovnatém pájení 167
1) Vliv tavidla 167
2) Vliv bezolovnaté pájky 167
a) Tvrdost pájky 167
b) Jiné složení pájky 168

Kapitola 5.
Zavedení bezolovnaté technologie 169
5.1 Postup 170
5.1.1 Stanovení postupu 170
5.1.2 Výběr materiálů a vybavení 171
5.1.3 Odzkoušení technologie 171
5.1.4 Návrh procesu 172
5.1.5 Školení operátorů 172
5.1.6 Spuštění procesu a monitorování 173
5.1.7 Vyhodnocení 173
5.2 Přechodné období 174
5.2.1 Budou k dispozici součástky a desky s plošnými spoji „bezolovnaté“ i „olovnaté“. ... 174
5.2.2 Podstatně se rozšíří nabídka typů bezolovnatých pájecích slitin a past. 174
5.2.3 V jednom provozu mohou existovat souběžně dvě technologie pájení. 174
5.2.4 Opravy a servis starších výrobků pájených olovnatými pájkami. 175
5.2.5 Přibudou nové povinnosti vyplývající z legislativy. 175