

# **Pájecí stanice pro SMD součástky**

Soldering station for SMD's

Petr Jurčiček

---

Bakalářská práce  
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav aplikované informatiky

akademický rok: 2006/2007

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr JURČÍČEK**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Pájecí stanice pro SMD součástky**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši zaměřenou na SMD technologie.
2. Seznamte se s pájecí stanicí PACE MBT 250E SD a s horkovzdušnou stanicí SUNKKO 850DU.
3. Vypracujte pracovní postup pro osazování SMD součástek na uvedených stanicích.
4. Realizujte pracoviště pro osazování SMD součástek na pájecí a horkovzdušné stanici.
5. Porovnejte výhody jednotlivých stanic.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ABEL, Martin. Plošné spoje se SMD, návrh a konstrukce. Nakladatelství Platan, Pardubice 2000.
2. ABEL, Martin., CIMBUREK, Vladimír. Bezolovnaté pájení v teorii a praxi. ABE.TEC, s.r.o., Pardubice 2005, Tisk Grafikon Pardubice.
3. SZENDIUCH, Ivan. Mikroelektronické montážní technologie. VUTIUM, Nakladatelství VUT v Brně 1997.
4. ABEL, Martin. SMT Technologie povrchové montáže. ABE.TEC, s.r.o., Pardubice 2005, Tisk Grafikon Pardubice.
5. [www.abetec.cz](http://www.abetec.cz).

Vedoucí bakalářské práce:

**Mgr. Milan Adámek, Ph.D.**

Ústav elektrotechniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

**13. února 2007**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**24. května 2007**

Ve Zlíně dne 13. února 2007



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce si klade za cíl seznámit čtenáře s problematikou povrchové montáže (SMT) na desky plošných spojů. V teoretické části seznamuje se základními typy SMD pouzder a jejich vlastnostmi, tavidly, pájkami a způsoby pájení SMD součástek na desky plošných spojů. V praktické části využívá poznatků a znalostí z teoretické části k práci s vybavením laboratorního pracoviště a dvěma pájecími stanicemi - PACE MBT 250 a horkovzdušnou stanicí SUNKKO 850DU. Pro obě tyto stanice je zde vypracován detailní návod k obsluze. V této části také čtenář získá základní praktické znalosti o montáži sestav elektronických zařízení, jejich opravách a o způsobech montáže a demontáže SMD prvků na desky plošných spojů.

Klíčová slova:

Ruční pájení, pájedlo, pájka, tavidlo, pájený spoj, bezolovnaté pájení, chyby pájení

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is focused on introduction in problems of surface mounting (SMT) on printed circuit boards (PCB). In the theoretic part makes readers acquainted with basic kinds of SMD cases and their features, fluxes, melting irons and ways of sweating of SMD parts on PCB. In practical part uses the knowledge from theoretic part for work with laboratory equipment and soldering operator stations PACE MBT 250 and hot-flue station SUNKKO 850DU. The detail service instructions are elaborated for both of these stations in this part. The readers acquire also the basic practical knowledge about montage of the groups of electronic equipments, their reparations and montage and removals of the SMD parts on the PCBs in this part.

Keywords:

Hand soldering, solder iron, solder, flux, soldering errors, lead free soldering, solder errors



Děkuji Mgr. Milanu Adámkovi za vedení bakalářské práce, za poskytování odborných rad a doporučení a také za technickou podporu při realizaci SMT pracoviště. Dále děkuji paní Janě Pišvejcové a firmě PCB Benešov za technickou podporu prostřednictvím zaslané zkušební desky plošných spojů a ing. Aloisu Minaříkovi za výrobu zkušební desky plošných spojů.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně, 12. května 2007

.....  
Podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA, POUZDRA A VLASTNOSTI SOUČÁSTEK PRO SMT</b> .....	<b>12</b>
1.1 CHARAKTERISTIKA SOUČÁSTEK SMD.....	12
1.2 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA POUZDRA SMD .....	12
1.2.1 Odolnost vůči pájení .....	12
1.2.2 Odolnost vývodů proti rozpouštění.....	13
1.2.3 Odolnost vůči čistícím prostředkům .....	14
1.3 TYPY VÝVODŮ POUŽÍVANÝCH PRO SMT .....	14
1.4 BALENÍ SMD SOUČÁSTEK.....	15
1.5 PRINCIPY A POUZDRA PASIVNÍCH SMD .....	18
1.5.1 Čipové pasivní součástky .....	18
1.5.2 SMD – rezistory .....	19
1.5.3 Keramické kondenzátory pro SMT.....	20
1.5.4 Vícevrstvé foliové kondenzátory .....	22
1.5.5 Elektrolytické kondenzátory .....	23
1.5.6 Tantalové kondenzátory .....	24
1.5.7 Hliníkové kondenzátory .....	25
1.5.8 Indukčnosti.....	25
1.5.9 Pouzdra MELF (Metal Electrode Leadless Face).....	26
1.6 POUZDRA PRO DIODY A TRANZISTORY .....	27
1.6.1 Pouzdro SOD (Small Outline Diode).....	27
1.6.2 Pouzdra SOT (Small Outline Transistor).....	28
1.7 POUZDRA PRO INTEGROVANÉ OBVODY .....	30
1.7.1 Pouzdra SOIC (Small Outline Integrated Circuit) .....	30
1.7.2 Pouzdra typu Flat Pack.....	31
1.7.3 Pouzdra PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) .....	33
1.7.4 Pouzdra LCCC (Leadless Ceramic Chip Carrier).....	33
1.7.5 Pouzdra BGA (Ball Grid Array) .....	36
1.7.6 Moderní technologie a trendy v pouzdření integrovaných obvodů .....	40
1.8 OSTATNÍ SOUČÁSTKY SMD.....	43
1.8.1 Potenciometry a trimry.....	43
1.8.2 Ostatní SMD prvky .....	44
1.9 ELEKTROMECHANICKÉ SOUČÁSTKY PRO SMT .....	44
<b>2 TECHNOLOGICKÉ POSTUPY V POVRCHOVÉ MONTÁŽI</b> .....	<b>48</b>
2.1 KLASICKÁ TECHNOLOGIE PRŮCHOZÍCH OTVORŮ .....	50
2.2 TECHNOLOGIE POVRCHOVÉ MONTÁŽE.....	51
2.2.1 Osazování po jedné straně.....	51
2.2.2 Osazování po obou stranách DPS .....	52

2.3	SMÍŠENÁ TECHNOLOGIE MONTÁŽE KOMBINACÍ SMT A TECHNOLOGIE PRŮCHOZÍCH OTVORŮ .....	53
2.3.1	SMD pouze na straně pájení .....	53
2.3.2	SMD pouze na straně součástek .....	54
2.3.3	SMD po obou stranách .....	54
2.4	MANIPULACE SE SOUČÁSTKAMI .....	55
2.4.1	Ochrana elektrostaticky citlivých součástek ( ESD ) .....	55
2.4.2	Manipulace se součástkami citlivými na vlhkost ( MSDS ) .....	57
<b>3</b>	<b>MATERIÁLY PRO MONTÁŽNÍ TECHNOLOGIE .....</b>	<b>59</b>
3.1	TAVIDLA .....	59
3.1.1	Dělení tavidel .....	59
3.2	PÁJECÍ SLITINY .....	62
3.2.1	Pájka SnPb .....	62
3.2.2	Bezolovnaté pájky (LFS – Lead Free Solder) .....	63
3.2.3	Pájecí pasta .....	65
<b>4</b>	<b>PÁJENÍ DPS .....</b>	<b>68</b>
4.1	PÁJITELNOST .....	68
4.2	PÁJENÍ MĚDĚNÝCH POVRCHŮ PÁJKOU SNPB .....	68
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>71</b>
<b>5</b>	<b>PRACOVNÍSTĚ PRO PÁJENÍ SMT .....</b>	<b>72</b>
5.1	PÁJECÍ STANICE PACE MBT 250 .....	72
5.2	KONTAKTNÍ VYHŘÍVANÉ NÁSTROJE .....	77
5.2.1	Pájecí pero PS-90 .....	77
5.2.2	Termopinzeta TT-65 .....	79
5.2.3	Odsávačka SX-80 .....	84
5.2.4	Příprava a údržba hrotů / nástavců kontaktních vyhřívaných nástrojů .....	89
5.3	HORKOVZDUŠNÁ PÁJECÍ STANICE SUNKKO 850 DU .....	92
<b>6</b>	<b>RUČNÍ TVORBA SESTAV V SMT A JEJICH OPRAVY .....</b>	<b>95</b>
6.1	DEMONTÁŽ SMD SOUČÁSTEK .....	95
6.1.1	Demontáž čipových součástek .....	95
6.1.2	Demontáž pouzder SOT .....	100
6.1.3	Demontáž pouzder PLCC .....	106
6.1.4	Demontáž pouzder LCCC .....	108
6.1.5	Demontáž pouzder SOIC .....	110
6.1.6	Demontáž pouzder QFP .....	114
6.1.7	Demontáž patič .....	120
6.2	MONTÁŽ SMD SOUČÁSTEK .....	122
6.2.1	Montáž čipových součástek .....	122
6.2.2	Montáž pouzder PLCC .....	124
6.2.3	Montáž pouzder QFP .....	132
6.3	ČIŠTĚNÍ OSAZENÝCH DPS .....	138
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>139</b>

---

<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>141</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>143</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>144</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>145</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>148</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>149</b>

## ÚVOD

SMT (Surface Mount Technology) – technologie povrchové montáže, která znamenala obrovský technologický skok ve způsobu osazování elektronických součástek na desky plošných spojů. Požadavky na neustále se zmenšující zařízení si vynutily i zmenšování rozměrů elektronických součástek. Příkladem mohou být mobilní telefony, které svými malými rozměry a hmotností skýtají množství funkcí. Toto by s klasickou vývodovou technologií s průchozími otvory nebylo možné, protože tato technologie výroby součástek dosáhla svých hranic a není možno dále zmenšovat jejich rozměry. Dalo by se očekávat, že klasická vývodová technologie úplně vymizí, ale tato technologie má v některých aplikacích stále své nezastupitelné místo, avšak podíl na celosvětové produkci klesl.

Předchůdcem obecně známých desek plošných spojů (v angličtině PCB – Printed Circuit Board) bylo pájení elektronických součástek přímo na vlastní elektronické zařízení. K tomu sloužila pájecí očka izolovaně připevněná na konstrukční části zařízení, do kterých se osazovaly klasické vývodové součástky. Příkladem jsou elektronková rádia. Zavedení desek plošných spojů znamenalo vývojový skok především co se týče hustoty osazení elektronických součástek na jednotku plochy oproti pájení součástek do pájecích oček, ale bylo také předpokladem pro hromadnou strojní výrobu elektronických obvodů.. Prvním základovým materiálem pro výrobu DPS se stal tvrzený papír. Následovalo použití textilie se sklem, plastických hmot a keramických materiálů.

S nástupem desek plošných spojů byl vytvořen široký sortiment vývodových součástek. Se stále se zmenšujícími rozměry finálních výrobků však byla snaha také zmenšovat pouzdra elektronických součástek, která vyvrcholila zavedením zcela nových typů pouzder bez drátových vývodů, které je možné montovat přímo na povrch desky bez nutnosti prostrčení vývodu součástky průchozím otvorem v desce plošného spoje. Tyto součástky se nazývají „povrchově montované součástky“, zkráceně SMD (Surface Mount Devices).

SMD prvky jako takové mají řadu výhod oproti klasickým vývodovým součástkám. Především se jedná, jak už bylo uvedeno o velikost samotného pouzdra SMD prvku, která umožňuje značné zmenšení desky plošných spojů při zachování stejné funkce, tedy podstatné zvýšení hustoty osazovaných součástek, nebo zachování velikosti při větším počtu funkcí této desky. Další nespornou výhodou je možnost montáže po obou stranách desky plošných spojů, nebo smíšená montáž klasických vývodových součástek se SMD součástkami.

SMT technologie, která nastoupila téměř 80 let po vynálezu elektronky, 40 let po vynálezu tranzistoru a 30 let po zavedení plošných spojů do elektrotechnické výroby, v současnosti představuje nejmodernější technologický trend.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

# 1 CHARAKTERISTIKA, POUZDRA A VLASTNOSTI SOUČÁSTEK PRO SMT

## 1.1 Charakteristika součástek SMD

Součástky SMD (Surface Mount Device) se vyrábějí buď bez vývodů (čipové rezistory, kondenzátory, diody), anebo s vývody (integrované obvody, tranzistory aj.). Součástky mají o cca 30-60% menší rozměry oproti klasickým vývodovým součástkám a během montáže na desku plošných spojů ze strany vodivého obrazce není nutné jakýmkoliv způsobem tvarovat nebo ohýbat jejich vývody. Konstrukce a způsob osazování SMD součástek jsou velmi vhodné pro osazovací automaty.

Na rozdíl od klasických vývodových součástek dochází při pájení SMD součástek k přímému kontaktu s roztavenou pájkou v případě pájení vlnou, nebo v vysokou teplotou, která zajistí přetavení pájecí pasty. Z tohoto důvodu je tepelné zatížení SMD součástek během pájecího procesu značné.

Dalším úskalím, které skýtají pouzdra SMD součástek, ležící ve většině případů velmi nízko nad deskou plošných spojů, je proces čištění od zbytků tavidla. SMD součástky je nutno vystavit účinkům čistících prostředků a rozpouštědel.

SMD součástky proto musí splňovat konkrétní požadavky, které jsou uvedeny dále.

## 1.2 Základní požadavky na pouzdra SMD

### 1.2.1 Odolnost vůči pájení

Každá SMD součástka musí být zpracovatelná pájením přetavením, případně vlnou nebo ručním pájením. Výrobce musí přesně specifikovat, zda je součástka vhodná či nevhodná pro určitý druh pájení. Z konstrukce některých součástek (potenciometry, konektory, držáky baterií a pojistek), které jsou otevřené, je zřejmé, že nemohou být pájeny vlnou, protože by došlo k jejich zalití pájkou. Součástky, které jsou citlivé na teplo a nesnesou teplotu přetavením (např. plastový kryt), je nutno pájet ručně.

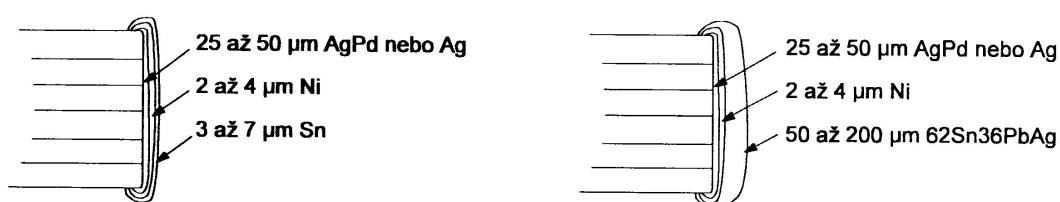
Jednotliví výrobci součástek někdy uvádějí rozdílné požadavky. V následujícím textu jsou uvedeny tyto požadavky tak, jak je uvádí norma IPC-SM-782. Obecně tedy platí, že součástky musí odolat následujícímu tepelnému zatížení: 1) deset cyklů ve standardním



systemu přetavení v parách při teplotě 215°C po dobu nejméně 60 sekund; 2) ponoření do roztavené pájky o teplotě 260°C po dobu nejméně 10 sekund.

### 1.2.2 Odolnost vývodů proti rozpouštění

Většina v praxi používaných pájek má tendenci tepelně namáhat a rozpouštět materiál koncových vývodů. Proto musí výrobce součástek zajistit, aby během procesu pájení nedošlo k rozpouštění koncových vývodů. Tento problém řeší pokovení niklovou bariérou v tloušťce 2 až 4  $\mu\text{m}$ .



Obr. 1. Příklad ochrany koncových vývodů keramických kondenzátorů Ni bariérou.

Vrstva cínu (Sn/Pb) na povrchu niklové vrstvy ji chrání před oxidací a zajišťuje dobře smáčitelný povrch. Zde je třeba upozornit na nebezpečí poškození součástek tepelným nárazem, ke kterému může dojít při extrémní rychlosti smáčení. Po roztavení vrstvy cínu a olova je odhalena vrstva niklu, která má daleko větší tepelnou vodivost než palladium a stříbro, a to může při nevhodném přehřevu způsobit termální náraz. Tabulka 1 vysvětluje, proč se právě nikl (příp. palladium) používá jako bariéra proti rozpouštění.

Tab. 1. Rychlost rozpouštění některých kovů v pájce

60 Sn/40 Pb

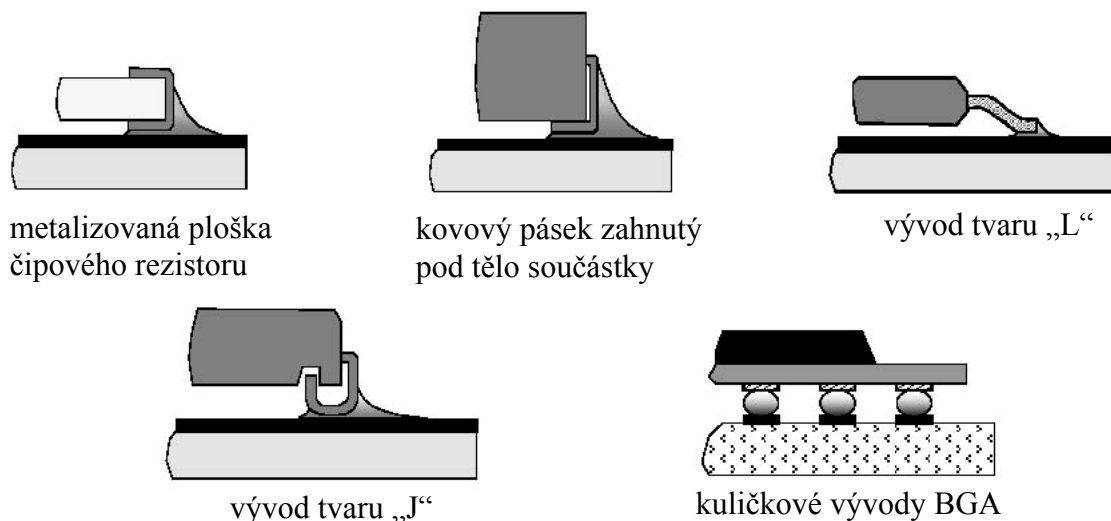
Materiál	Rychlost smáčení v 60Pb/40Sn ( $\mu\text{m/s}$ )	
	při 215°C	při 250°C
Zlato	1,7	5,25
Stříbro	0,75	1,6
Měď	0,075	0,15
Palladium	0,025	0,075
Nikl	<<0,01	0,01
Platina	<<0,01	0,01

### 1.2.3 Odolnost vůči čistícím prostředkům

Všechny prvky SMD součástek musí být odolné vůči čistícím postupům, které se běžně používají při montáži sestav plošných spojů. Jedná se například o působení čistících rozpouštědel v intervalu čtyř minut, plus nejméně jednodominutové působení ultrazvuku. Výrobci součástek obvykle doporučují patřičné hodnoty a postupy, při kterých použité čistící prostředky nesmí poškozovat součástky ani jejich značení.

### 1.3 Typy vývodů používaných pro SMT

U plastových pouzder pro tranzistory a integrované obvody se nejčastěji používají vývody ve tvaru „L“ (FLAT-PACK, QFP, SOIC) nazývané též někdy gull wing – racčí křídlo, nebo vývody ve tvaru „J“ (PLCC, SOIC s vývody „J“). Pro součástky hranolovitého tvaru a čipové součástky se používají vývody ve tvaru metalizovaných plošek (čipové rezistory), nebo kovových pásek zahnutých pod tělo součástky (tantalové a elektrolytické kondenzátory, indukčnosti apod.). Provedení vývodů a způsob jejich pájení je uveden na obrázku 2.



Obr. 2. Tvary vývodů pro součástky SMD.

U vývodů tvaru „L“ je možné pájený spoj snadno kontrolovat, případně testovat. Nevýhodou jsou větší rozměry pouzdra a větší citlivost vývodů na poškození během manipulace se součástkou. Problém s poškozením vývodů během transportu řeší pouzdro typu BQFP, které je ve své podstatě pouzdem QFP s nálitky v rozích.

Vývody tvaru „J“ jsou obvyklé u pouzder typu SOJ, nebo PLCC. Největší výhodou je velká odolnost proti poškození vývodů a možnost osazení do patic. Mezi nevýhody patří obtížnější pájení vlnou a větší výška pouzdra.

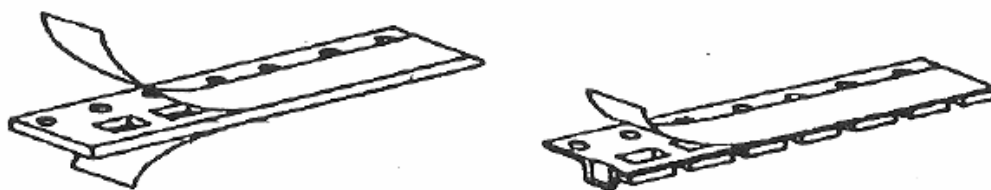
V současnosti se stále více používají vývody ve tvaru kuliček nebo válečků, které jsou charakteristické pro obvody typu BGA. Největší výhodou je vysoká integrace pájecích plošek na spodní straně pouzdra, jakož i schopnost samovystředování během pájecího procesu. Pájí se a vyměňují výhradně horkým vzduchem.

Vývody tvořené metalizovanými ploškami jsou charakteristické pro čipové rezistory, kondenzátory a integrované obvody v pouzdrech LCCC. Kovová plocha tvořící vývod je vytvořena přímo na těle pouzdra a spojení s deskou plošného spoje je uskutečněno nepružně. V případě rozdílné tepelné roztažnosti mezi pouzdrem součástky a deskou plošného spoje vzniká ve spoji pnutí, které může být příčinou pozdějších závad. Tento problém je třeba nejčastěji řešit při montáži keramického pouzdra na sklolaminátové materiály. Z tohoto důvodu je nutné především při montáži rozměrnějších pouzder zvolit takový materiál desky plošného spoje, který má stejný, nebo podobný koeficient délkové roztažnosti jako materiál pouzdra součástky.

## 1.4 Balení SMD součástek

### Balení v pásech

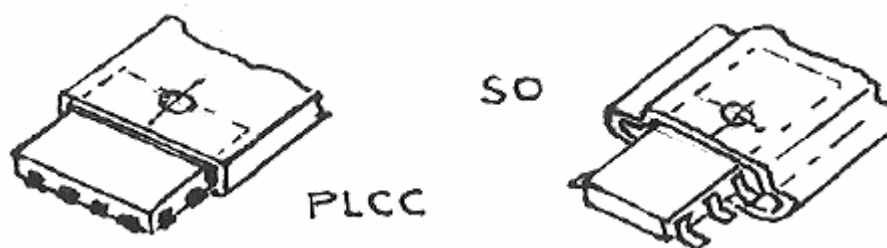
Součástky malých rozměrů (čipové rezistory, kondenzátory, diody) se balí do pásových zásobníků, které mohou být z papírové lepenky, nebo plastové s vylišovanými kapsami, ve kterých jsou volně umístěny SMD součástky po jedné straně a druhou stranu tvoří krycí pás z plastové fólie (tzv. blister páska). Plastové zásobníky se vyrábí z PVC, styrenu apod. Jako antistatická ochrana se používá vodivý materiál plněný uhlíkovým prachem pro dokonalou ochranu součástek citlivých na statický výboj, především integrované obvody. Pro tenčí součástky (do 0,9mm) se používá papírový zásobník z důvodu nižší ceny. Kapacita pásového zásobníku se pohybuje v rozmezí 10.000 – 15.000 kusů. Zásobníky mají standardizovanou šířku 8, 12, 16, 24, 32, 44 a 56 mm. Na okraji jsou opatřeny perforací, která zajišťuje přesný posuv v podavači automatického osazovacího stroje. Do zásobníků šíře 8mm se pouzdří čipové součástky (SOD, SOT23), větší šířky jsou určeny pro rozměrnější pouzdra. Tyto zásobníky jsou dodávány navinuté na cívkách.



Obr. 3. Pásové zásobníky (tzv. „blister“ pásy) pro balení SMD.

### Balení v tyčích

Balení v tyčových zásobnících je charakteristické pro integrované obvody. Tyč je vyráběna z průhledného antistatického plastu (např. PVC) a je vhodně vytvarována tak, aby byl zajištěn volný pohyb součástky v zásobníku. Tímto způsobem je zajištěna ochrana součástek proti statickému výboji a současně kontrola množství součástek v zásobníku. Tento způsob balení je levnější než pás, ale pojme podstatně menší množství součástek. Použití tyčí je vhodné v případě potřeby osadit desky s menším počtem SMD pouzder.



Obr. 4. Tyčové zásobníky pro balení SMD.

### Balení v paletách

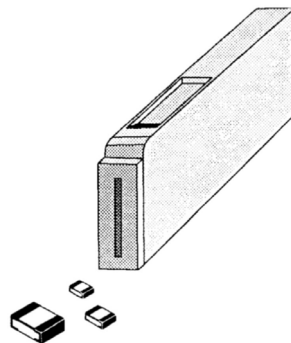
Palety jsou určeny především pro pouzdra velkých součástek s velkým počtem vývodů ve tvaru „L“ (FLAT-PACK, QFP), u kterých je nutno chránit jemné vývody. Používají se také na pouzdra BGA, nebo PLCC atd. Obvody PLCC s menším počtem vývodů je možné dodávat i v tyčových nebo pásových zásobnících. Paleta bývá obvykle vyráběna z antistatického plastu a má příslušný počet jamek ( 16x10, 16x16 atd.), do kterých se vkládají pouzdra integrovaných obvodů.



Obr. 5. Paletové zásobníky pro balení SMD.

### Balení v kazetách

Balení v kazetách je stále oblíbenější pro malé součástky (čipové rezistory, kondenzátory). Bulk kazeta je z cenového hlediska výrazně dražší nežli pás, tyč, nebo paleta, zato ale pojme mnohonásobně více součástek (50.000 – 80.000ks). Vezme-li se v úvahu kapacita kazety, možnost jejího opětovného plnění a několikanásobně delší intervaly v odstávce osazovacího stroje, je tento typ balení ekonomicky nejvýhodnější.

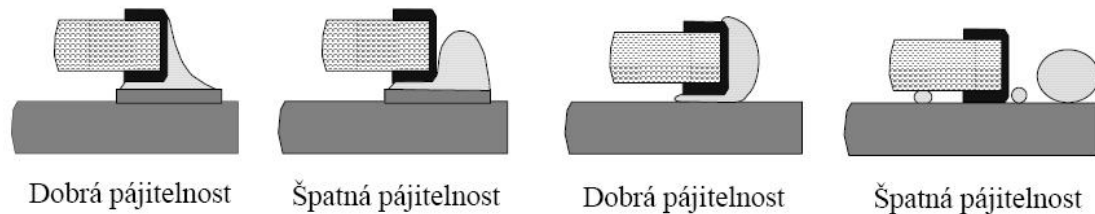


Obr. 6. Kazetový zásobník

### Skladování SMD součástek

Velkou pozornost je potřeba věnovat vhodnému skladování SMD součástek. Podmínky udává výrobce (suché prostředí bez agresivních výparů). Nevhodným skladováním, např. v přítomnosti sloučenin síry, dochází ke zhoršení pájitelnosti vývodů součástek v důsledku chemické reakce síry se stříbrem, jejímž produktem je nepájitelný siřník stříbra. Součástky proto není vhodné skladovat společně s pryžovými výrobky.

Pro určení kvality pájitelnosti vývodů součástek se jako vstupní kontrola provádí tzv. test pájitelnosti, který určuje míru smáčení vývodů součástky pákou. Výsledky testu pájitelnosti názorně vysvětluje obrázek 7.



Obr. 7. Orientační test na pájitelnost.

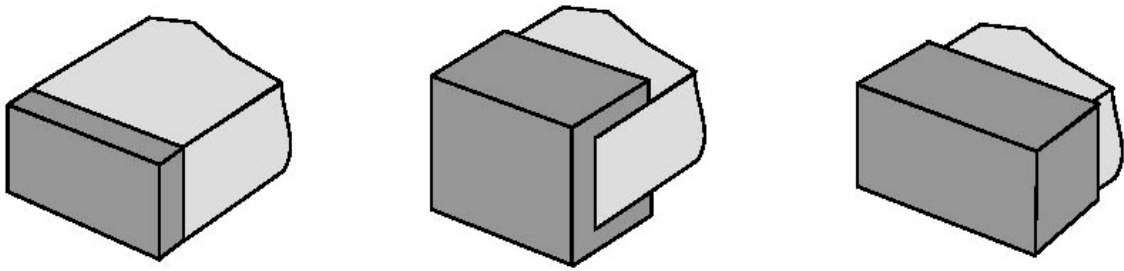
## 1.5 Principy a pouzdra pasivních SMD

V praxi je nejvýhodnější hranolovitý tvar SMD součástek. Přesto se především v Japonsku používají pro pasivní součástky (rezistory, kondenzátory, diody) válcovitá pouzdra typu MELF (Metal Electrode Leadless Face – připájení za čelní kovovou elektrodu). Součástky tohoto typu jsou levnější, než jejich obdoba plochých čipů, avšak během montáže vyžadují speciální manipulaci. Největší nevýhodou součástek MELF je tendence ke kutálení a sjíždění z pájecích plošek během montáže. Součástky MELF jsou dále v provedení mini-MELF a mikro-MELF.

### 1.5.1 Čipové pasivní součástky

Jsou to nejčastěji používaná pouzdra, především pro konstrukci rezistorů a kondenzátorů. Mají tvar kvádrů s vývody umístěnými po jeho kratších stranách. Ve srovnání s provedením MELF jsou menší a vhodnější pro osazování automaty (snadné přemísťování vakuovou pipetou, nekutálí se po DPS). Na rozdíl od válcových pouzder je potřeba rozlišovat mezi vrchní a spodní stranou součástky.

Velikost pouzdra je mezinárodně standardizována. Označení pouzdra udává rozměry půdorysu pouzdra v setinách palce (např. typ 0805 má délku 0,08 inch. a šířku 0,05 inch.). Také se uvádí označení v milimetrech. Výška pouzdra se pohybuje u rezistorů v rozmezí od 0,3 mm do 0,7 mm, u kondenzátorů může dosahovat u rozměrnějších pouzder až 2,3 mm.



Obr. 8. Možná provedení vývodů čipových součástek.

V současné době klesá použití pouzder 1206 a 0805, která jsou nahrazována menšími typy 0603 a především 0402 a 0201.

### 1.5.2 SMD – rezistory

SMD rezistor je typickou bezvývodovou součástkou. Vyrábí se v hodnotách  $1\Omega$  až  $100M\Omega$ . Rezistory se vyrábějí ve velké škále čipových pouzder, která jsou značena v setinách palce, nebo v milimetrech. Běžně používaná značení stanovená specifikací EIA IS-30 (např. 0805, 1206, 0603) vychází z rozměrů v setinách palce.

#### **Základní konstrukce:**

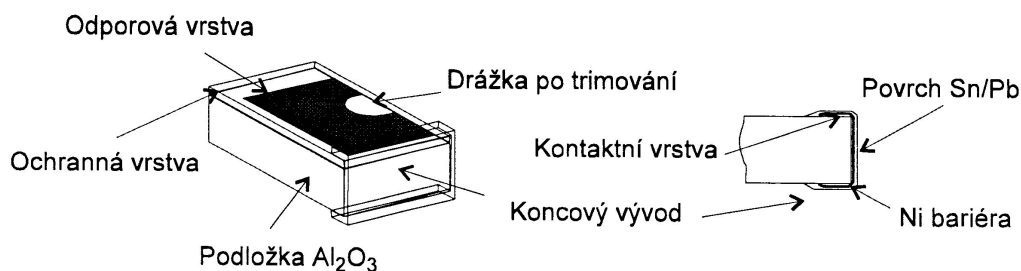
SMD rezistory lze rozdělit do dvou typů – tlustovrstvé a tenkovrstvé.

V případě tlustovrstvých rezistorů je základním materiálem destička korundového materiálu  $Al_2O_3$ , na který sítotiskem je nanášena odporová vrstva. Kontakty jsou vytvořeny metalizací na užších stranách destičky. Odporová vrstva je směs oxidu ruthenia a skla a po vypálení je dostavena na požadovanou hodnotu trimováním, které se provádí pomocí proudu křemenného písku nebo laserem. Proti vlivům okolního prostředí je odporová vrstva nakonec chráněna vrstvou borosilikátového skla. Tento typ konstrukce SMD rezistorů je nejpoužívanější.

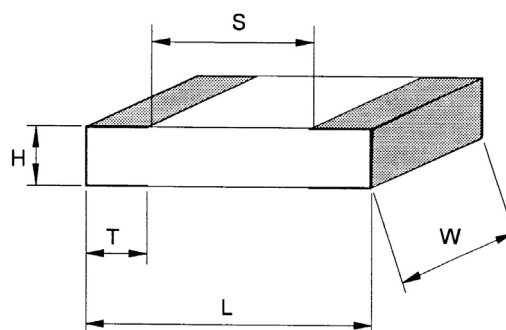
Pro tenkovrstvé rezistory se jako odporový materiál používá nikl-chromová vrstva, která se korundovou destičku nanáší nikoliv sítotiskem, ale naprašováním. Tento typ odporového materiálu má lepší tepelnou i časovou stabilitu, než v případě tlustovrstvých rezistorů. Náklady na výrobu jsou však vyšší. Tenkovrstvé rezistory se uplatní tam, kde je vyžadována přesnější tolerance a vyšší tepelná stabilita.

Rezistory se vyrábějí v řadách E6 (20%), E12 (10%), E24 (5%), E48 (2%), E96 (1%) a E192 (0,5%). Pro speciální použití nabízejí výrobci provedení s přesností mimo toleranční

řadu, drátem vinuté apod. Pro realizaci drátových propojek jsou k dispozici ve všech velikostech provedení rezistory s nulovým odporem.



Obr. 9. Konstrukce typického čipového rezistoru.



Obr. 10. SMD čipový rezistor.

Tab. 2. Rozměry SMD rezistorů.

Rozměry součástek v palcích (mm)	L (mm)		S (mm)		W (mm)		T (mm)		H (mm)
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Max
0402 (1005)	1,00	1,10	0,40	0,70	0,48	0,60	0,10	0,30	0,40
0603 (1608)	1,50	1,70	0,70	1,11	0,70	0,95	0,15	0,40	0,60
0805 (2012)	1,85	2,15	0,55	1,32	1,10	1,40	0,15	0,65	0,65
1206 (3216)	3,05	3,35	1,55	2,32	1,45	1,75	0,25	0,71	0,71
1210 (3225)	3,05	3,35	1,55	2,32	2,34	2,64	0,25	0,71	0,71

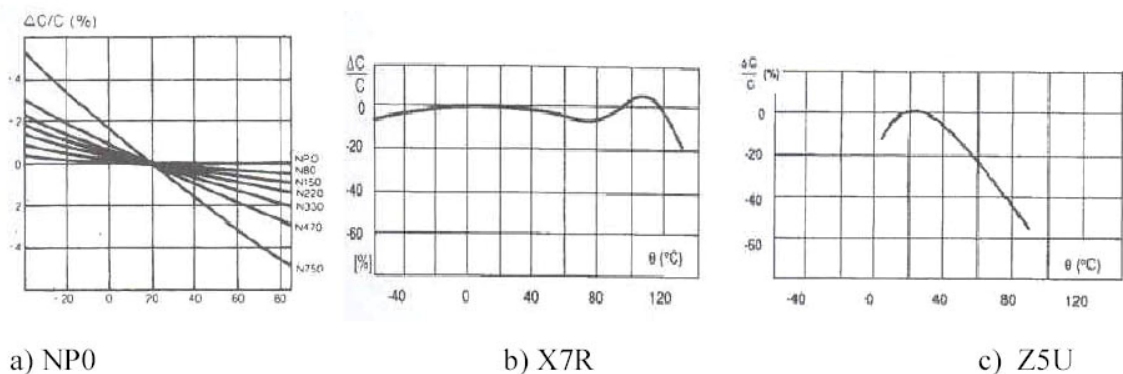
### 1.5.3 Keramické kondenzátory pro SMT

Vyrábějí se s malými a středními kapacitami a pevným keramický dielektrikem, které může být jednovrstvé nebo vícevrstvé. Provedení je obvykle hranolovitého tvaru (čipové kondenzátory), méně často mohou být v provedení MELF. Výška pouzder se pohybuje v rozmezí od 0,3 mm do 1,35 mm. V případě jednovrstvých kondenzátorů je tělísko tvořeno jednou vrstvou dielektrika s oboustrannými kontakty, vícevrstvé kondenzátory



jsou složeny z několika vrstev dielektrika, s elektrodami zapojenými paralelně a vyvedenými na vývodní kovové pájecí plošky.

Kapacitu kondenzátorů lze z velké míry ovlivňovat vhodnou volbou dielektrika (relativní permitivity) bez nutnosti změny rozměrů velikosti součástky. Relativní permitivita dielektrika závisí na převládajícím mechanismu polarizace v dielektriku. Obecně platí, že čím větší je permitivita materiálu (kapacita kondenzátoru), tím je také větší závislost na teplotě, napětí a frekvenci. Takto se materiály používané jako dielektrikum pro keramické kondenzátory dělí do několika typů podle požadavku na teplotní nezávislost za cenu nižší kapacity, nebo na požadavek vysoké kapacity na úkor teplotní nestability.



Obr. 11. Vlastnosti dielektrik keramických kondenzátorů.

Nejběžnější materiály používané jako dielektrika pro keramické kondenzátory jsou NPO (COG), X7R a Z5U.

- **Materiál typu NPO (COG)**

Keramický materiál s označením NPO, COG, případně N150, N220 atd., jehož relativní permitivita se pohybuje v intervalu 60-80, se používá jako dielektrikum pro kondenzátory, u kterých je vyžadována vysoká stabilita kapacity, vysoký izolační odpor a malé ztráty. V praxi se tyto kondenzátory využívají např. u oscilátorů, VF obvodů, filtrů, časovacích obvodů, nebo vazebních a blokovacích obvodů. Tyto kondenzátory mají malou a střední kapacitu, obvykle od 1pF do 820pF.

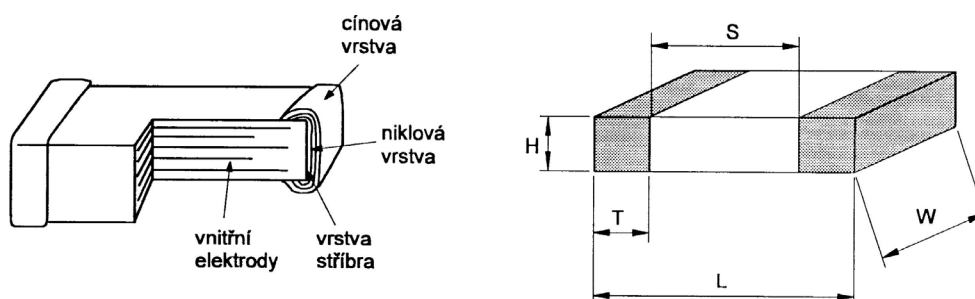
- **Materiál typu X7R**

Tento dielektrický materiál s relativní permitivitou v rozmezí 2200-3000 umožňuje konstrukci kondenzátorů s kapacitami řádově od 1nF do 100nF. Tyto kondenzátory jsou

vhodné pro aplikace, kde je vyžadována velká stabilita kapacity. Používají se jako blokovací, odrušovací nebo vazební kondenzátory a jsou také vhodné pro impulzní zatížení. Výhodou je velký izolační odpor a vysoká objemová kapacita, ale nelineární závislost kapacity na teplotě.

- **Materiál typu Z5U**

Keramický materiál s označením Z5U má největší objemovou kapacitu a relativní permitivitu materiálu až 5000. Kondenzátory s tímto typem dielektrika dosahují vysoké kapacity až  $1\mu\text{F}$ , ale také velmi vysoké teplotní nestability v rozsahu od +22% do -56%. Tyto kondenzátory jsou vhodné pro blokovací a odrušovací účely.



Obr. 12. Provedení vícevrstvých keramických kondenzátorů.

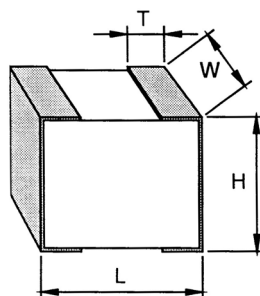
Tab. 3. Rozměry keramických SMD kondenzátorů

Rozměry součástek v palcích (mm)	L (mm)		S (mm)		W (mm)		T (mm)		H (mm)
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Max
0402 (1005)	1,00	1,10	0,40	0,70	0,48	0,60	0,10	0,30	0,40
0603 (1608)	1,50	1,70	0,70	1,11	0,70	0,95	0,15	0,40	0,60
0805 (2012)	1,85	2,15	0,55	1,32	1,10	1,40	0,15	0,65	0,65
1206 (3216)	3,05	3,35	1,55	2,32	1,45	1,75	0,25	0,71	0,71
1210 (3225)	3,05	3,35	1,55	2,32	2,34	2,64	0,25	0,71	0,71
1812 (4532)	4,20	4,80	2,30	3,46	3,00	3,40	0,25	0,95	1,35

#### 1.5.4 Vícevrstvé foliové kondenzátory

Vícevrstvé plastové kondenzátory jsou vytvořeny z navinutých vrstev dielektrika (MKT – polyetyléntereftalát, polyetylénsulfid aj.), na kterých je napařená hliníková vrstva tvořící elektrody. Jednotlivé vrstvy dielektrika s elektrodami jsou bezindukčně navíjeny nebo

skládány a následně zalisovány do plastového pouzdra. Tento typ kondenzátorů má schopnost samočinné regenerace po průrazu.



Obr. 13. Provedení plastového kondenzátoru.

Tab. 4. Rozměry plastových SMD kondenzátorů.

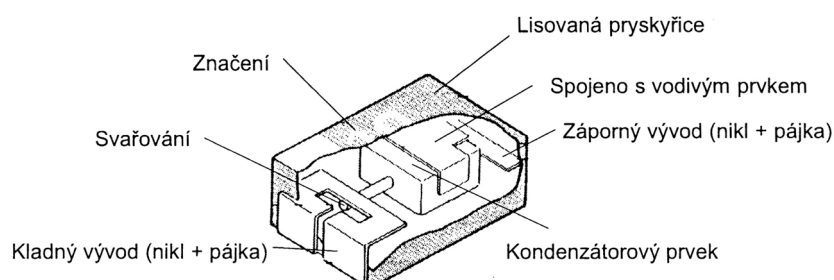
Rozměry součástek v palcích (mm)	L (mm)		W (mm)		Hmax (mm)	T (mm)	
	min	max	min	max		min	max
1206 (3216)	3,0	3,4	1,4	1,8	1,2	0,5	1,0
1210 (3225)	3,0	3,4	2,3	2,7	2,0	0,5	1,0
1812 (4532)	4,3	4,7	3,0	3,4	2,3	0,5	1,0
2220 (5750)	5,5	5,9	4,7	5,3	4,0	0,5	1,0
2824 (7261)	7,0	7,4	5,8	6,4	4,4	0,7	1,3

### 1.5.5 Elektrolytické kondenzátory

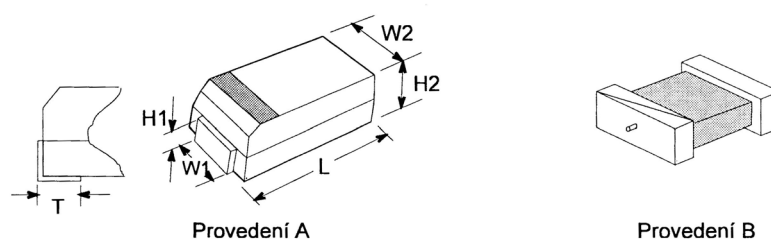
K dispozici jsou ve dvou provedeních jako tantalové nebo hliníkové. U těchto kondenzátorů je kladná elektroda tvořena kovem a záporná elektroda je tvořena elektrolytem. Pro kladnou elektrodu se podle typu kondenzátoru používá buď tantal nebo hliník. Pro zvětšení povrchu je tato elektroda chemicky zdrsňena a pokryta dielektrikem, které tvoří oxidy kovů. Jedná se o oxid hlinitý  $Al_2O_3$  (relativní permitivita 10), nebo pentoxid tantalu  $Ta_2O_5$  (relativní permitivita 25). Tloušťka vrstvy dielektrika závisí na jmenovitém napětí.

### 1.5.6 Tantalové kondenzátory

Tantalový kondenzátor je složen z kladné elektrody tvořené tantalem, která je pokrytá dielektrikem tvořeným  $Ta_2O_5$ . Záporná elektroda je vytvořena z grafitu, na který je nanášena stříbrná pájka. Mezi elektrodami je pevný elektrolyt tvořený burelem ( $MnO_2$ ). Celý sestava je zalisovaná do plastového pouzdra a opatřena vývody zahnutými pod tělo součástky. Tyto kondenzátory se vyrábí v rozsahu kapacit od  $0,1\mu F$  do  $1500\mu F$  a pro pracovní napětí do 50V. Konstrukce tantalového kondenzátoru je zřejmá z obrázků 14, 15.



Obr. 14. Konstrukce tantalového kondenzátoru.



Obr. 15. Provedení tantalových kondenzátorů.

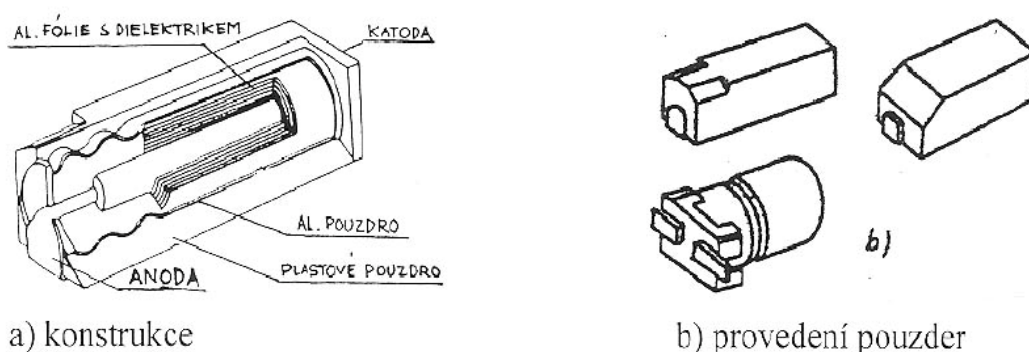
Tab. 5. Rozměry tantalových kondenzátorů.

Velikost	Označení	L [mm]	W1 [mm]	W2 [mm]	T [mm]	H1 [mm]	H2 [mm]
A	3216	3,2	1,2	1,6	0,7	1,0	1,6
B	3528	3,5	2,2	2,8	0,8	1,1	1,9
C	6032	6,0	2,2	3,2	1,3	1,5	2,5
D	7343	7,3	2,4	4,3	1,3	1,7	2,8

### 1.5.7 Hliníkové kondenzátory

Hliníkové kondenzátory s kapalným elektrolytem mají prakticky stejnou konstrukci jako klasické kondenzátory. Elektrody tvořené hliníkovou folií s nanesenou oxidovou vrstvou  $Al_2O_3$  společně s papírem nasyceným kapalným elektrolytem jsou navinuty do svitku a umístěny v hliníkovém nebo plastovém pouzdru s pryžovou průchodkou. Tyto kondenzátory se vyrábí do kapacity  $100\mu F$  a pro maximální napětí až 100V.

Kondenzátory s kapalným elektrolytem podléhají rychlejšímu stárnutí v důsledku vysychání elektrolytu (udávaná životnost je cca 30.000 hodin). V případě kondenzátoru s pevným elektrolytem (elektrolyt zhotovený pyrolýzou tekutého nitrátu manganu) je životnost podstatně větší, až 500.000 hodin. Konstrukce hliníkového kondenzátoru je zřejmá z obrázku 16.



Obr. 16. Konstrukce a provedení hliníkových kondenzátorů.

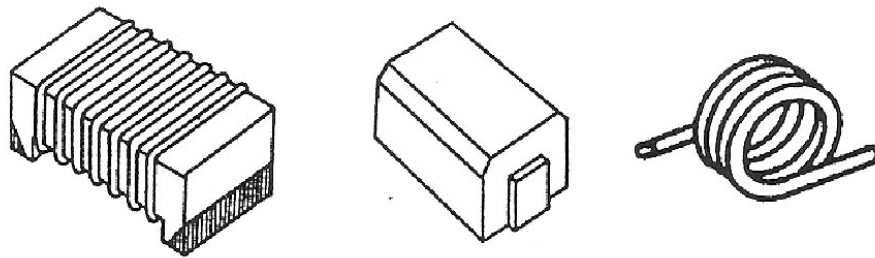
Tab. 6. Kódování napětí pro elektrolytické kondenzátory

označení	e	G	J	A	C	D	E	V	H
napětí [V]	2,5	4	6,3	10	16	20	25	30	50

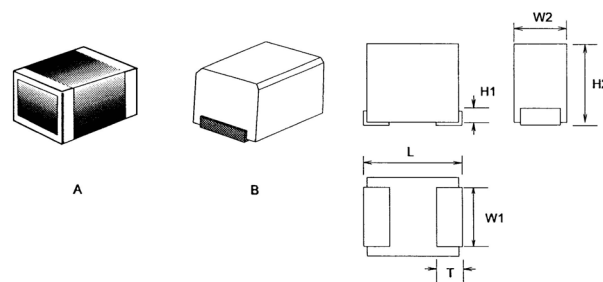
### 1.5.8 Indukčnosti

Jsou většinou vyráběny navinutím vodiče na jádro. Pro tento účel se používá pro malé hodnoty indukčnosti keramický materiál, pro vyšší hodnoty indukčnosti feromagneticky měkký materiál, např. ferit s vysokou permeabilitou. Indukčnost může být chráněna zalisováním do plastového pouzdra podobným způsobem jako u tantalových kondenzátorů. Pro malé hodnoty indukčnosti se vyrábí indukčnosti s konstrukcí obdobnou keramickým

kondenzátorům. Vinutí cívky je vytvořeno plošnými vodiči na keramických nebo feritových podložkách postupně skládaných na sebe tak, aby vytvořily cívku. Výsledkem jsou vícevrstvé indukčnosti (tzv. MLF), které se vyznačují vysokou spolehlivostí. Indukčnosti tohoto typu se vyrábějí v klasických čipových pouzdrech 0805, 1206, 1210 atd.



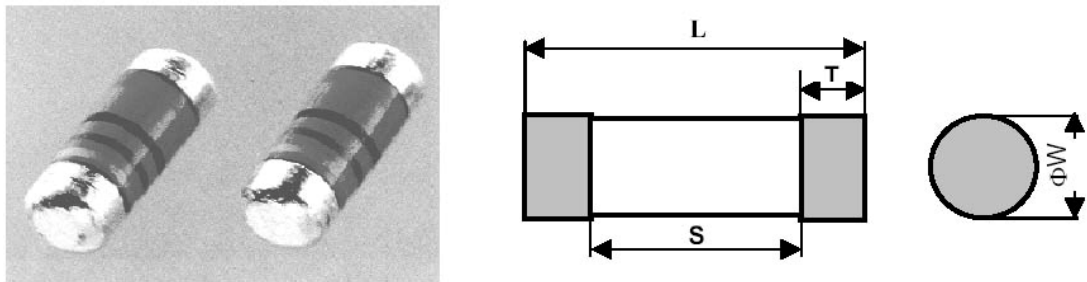
Obr. 17. Příklad drátem vinutých indukčností.



Obr. 18. Příklad lisovaných indukčností.

### 1.5.9 Pouzdra MELF (Metal Electrode Leadless Face)

SMD součástky válcového tvaru patří mezi vývojově nejstarší. Byly vyvinuty v Japonsku, kde se používají dodnes. Výhodou těchto součástek je nižší cena oproti jejich čipovým ekvivalentům a v případě rezistorů větší plocha pro odporovou vrstvu a tedy i větší zatížitelnost a dlouhodobá stabilita. Vzhledem ke svému geometrickému provedení mají i lepší vysokofrekvenční vlastnosti a teplotní koeficient. Nevýhodou je především válcový tvar, který může způsobovat kutálení součástky např. během dopravy, a dále obtížnější uchopení součástky vakuovou pipetou osazovacího stroje. Součástky MELF se vyrábějí jako rezistory a diody, méně často jako kondenzátory. K dispozici jsou také rozměrově menší mini-MELF a mikro-MELF pouzdra.



Obr. 19. Pouzdra MELF.

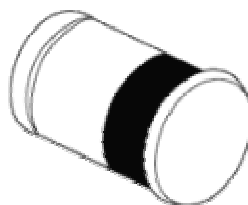
Tab. 7. Rozměry pouzder MELF.

Typ pouzdra	L [mm]		S [mm]		W [mm]		T [mm]	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1610	1,50	1,65	0,50	1,35	0,95	1,15	0,15	0,50
2012 (mikroMELF)	1,90	2,10	0,60	1,50	1,15	1,35	0,30	0,65
3514 (miniMELF)	3,30	3,70	1,10	3,10	1,30	1,50	0,30	1,10
5922 (MELF)	5,70	6,10	2,70	5,10	2,10	2,30	0,50	1,50

## 1.6 Pouzdra pro diody a tranzistory

### 1.6.1 Pouzdro SOD (Small Outline Diode)

Jedná se o skleněné nebo plastové pouzdro pro diody. Katoda je podobně jako u klasických diod označena proužkem. Pro diody v pouzdru SOD-80 je možné použít pájecí plošky (foot print) stejné jako pro mini-MELF, pro diody v pouzdru MELF-diode je možné použít foot print pro MELF.



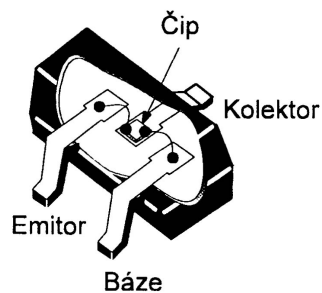
Obr. 20. Pouzdro typu SOD.

Tab. 8. Pouzdra pro diody.

Typ pouzdra	Průměr D [mm]	Délka l [mm]
SOD 80 – TR (LL34, DO-213AA)	1,5	3,4
SOD 87	2,1	3,4
SM1 – TR (LL41, DO-213 AB)	2,8	5
MELF DIODE	2,3	5

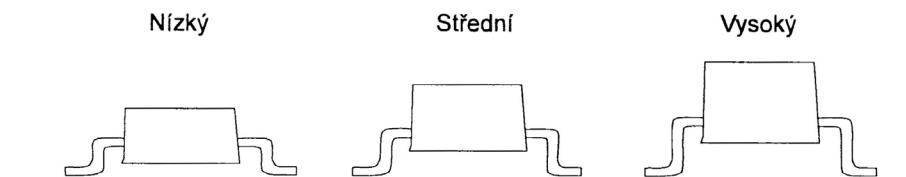
### 1.6.2 Pouzdra SOT (Small Outline Transistor)

Nejpoužívanějším typem pouzdra pro tranzistory a diody je pouzdro SOT-23. Jedná se o třívývodové pouzdro s vývody tvaru „L“ (gull-wing), které bylo vyvinuto již v šedesátých letech minulého století pro potřeby hybridních obvodů. Do tohoto pouzdra se umísťují i diody, které se také vyrábějí ve válcovém skleněném pouzdru. Na obrázku 21 je zobrazena konstrukce pouzdra SOT-23.



Obr. 21. Konstrukce pouzdra SOT-23.

Na obrázku 22 jsou různé profily pouzder SOT-23 mající odlišné mezery mezi prvkem a deskou plošného spoje.

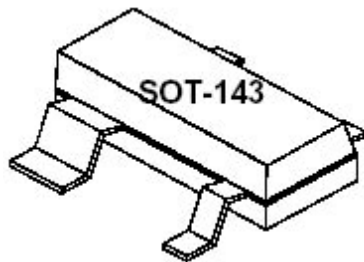


Obr. 22. Porovnání profilů SOT-23.



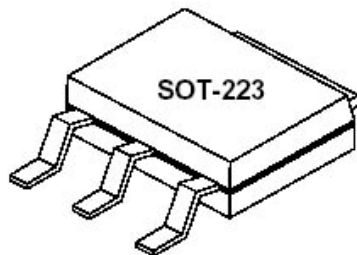
Pouzdra SOT existují v několika variantách lišících se počtem vývodů.

- SOT-89 – Tento typ pouzdra byl vyvinut pro výkonové tranzistory a diody. Jedná se o třívývodové pouzdro. Prostřední vývod má velkou plochu a je v přímém kontaktu s vodivou cestou, do které zajišťuje přenos tepla.
- SOT-143 – Tento typ pouzdra je určen pro tranzistory se čtyřmi vývody např. MOS, nebo FET.



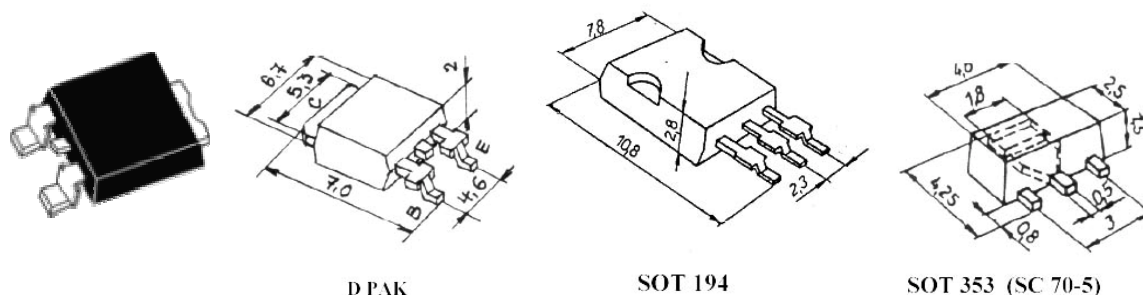
Obr. 23. Provedení pouzdra SOT-143.

- SOT-223 – Jedná se o čtyřvývodové pouzdro s podobnou konstrukcí jako SOT-89. Je určeno pro výkonové tranzistory s nutností přenosu tepla do vodivého obrazce na DPS.



Obr. 24. Provedení pouzdra SOT-223.

Kromě výše uvedených existuje celá řada dalších typů pouzder, např. SOT-353 s pěti, nebo SOT-363 s šesti vývody, které se používají pro diodová pole nebo integrované obvody. Pouzdro DPAK nahrazuje klasický typ TO220 pro výkonové tranzistory, diody, stabilizátory apod.



Obr. 25. Provedení dalších typů pouzder SOT.

## 1.7 Pouzdra pro integrované obvody

Pro integrované obvody se používají plastová nebo keramická pouzdra. Plastová pouzdra se vyrábějí v provedeních SOIC (SO), QFP a PLCC. Keramická pouzdra pro integrované obvody se vyrábí jako vývodová nebo bezvývodová s pokovenými ploškami pod označením LCCC. Keramická pouzdra mají velmi dobrou hermetičnost a dobré elektrické parametry, ale používají se omezeně, protože jsou velmi drahá a mají problémy s tepelnou roztažností.

Provedení vývodů pouzder pro integrované obvody lze rozdělit do dvou typů. Pouzdra do 20 vývodů je mají uspořádané ve dvou rovnoběžných řadách. Při větším počtu vývodů již neúměrně narůstá délka pouzdra. Proto se používají pouzdra s vývody na všech čtyřech stranách, nebo na spodní straně pouzdra.

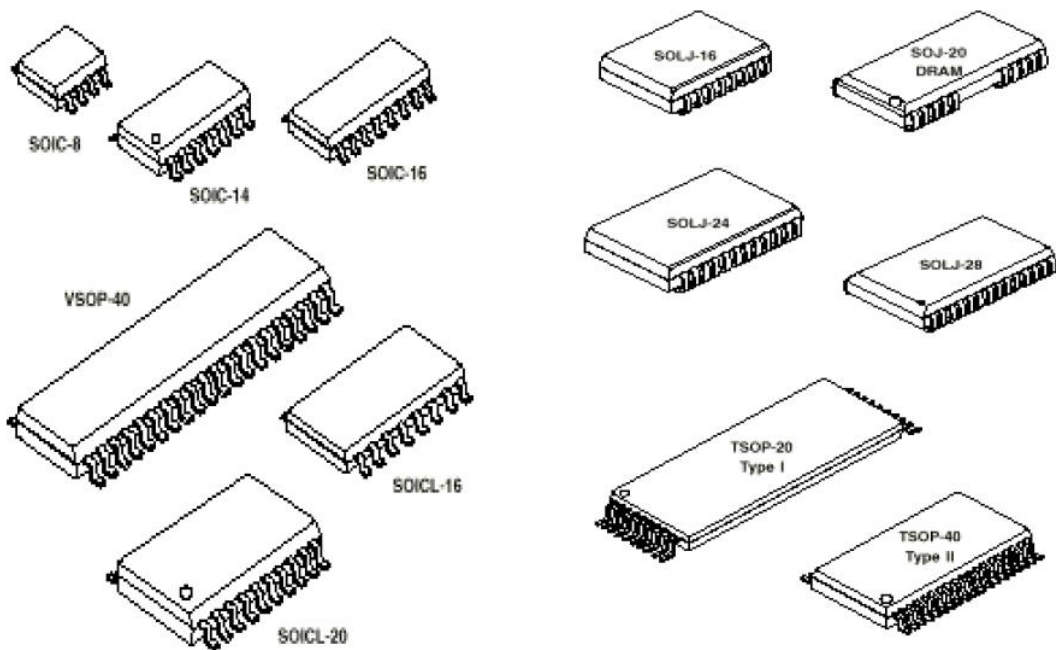
### 1.7.1 Pouzdra SOIC (Small Outline Integrated Circuit)

Někdy se také označují jako SO. Tato pouzdra jsou ekvivalentem klasických vývodových pouzder DIL a mají také stejně zapojené vývody. Počet vývodů je obvykle 8 až 56 s roztečí 1,27 mm, umístěných rovnoběžně po delších stranách pouzdra. Tato pouzdra zaujímají asi 1/3 plochy pouzder DIL a jejich ztrátový výkon je cca o 30% menší. Orientace součástky je vyznačena obvykle výřezem, kruhovým výliskem, čarou nebo skosením.

Tato pouzdra se vyrábějí v mnoha variantách, zde jsou uvedeny základní:

- SO (SOIC) - Small Outline Integrated Circuit - základní řada šířky 4 mm s vývody tvaru „L“ s roztečí 1,27 mm.
- SOM (SOICM) - Small Outline Medium - provedení "medium" šířky 5,6 mm.

- SOL (SOICL) - Small Outline Large - provedení "large" šířky 7,6 mm.
- VSOP - Very Small Outline Package - pouzdro velmi malého obrysu s vysokou hustotou vývodů „L“ s roztečí 0,65 mm.
- SOJ - Small Outline J-lead – provedení pouzdra SO s vývody „J“. Toto pouzdro bylo navrženo pro konstrukci pamětí a v některých případech může obsahovat po obou stranách vývodů středovou mezeru pro tažení adresových vodičů.
- SOLJ - Small Outline Large J-lead - „large“ provedení pouzdra SOL s vývody J.
- SSOP - Shrink Small Outline Package - japonské pouzdro s roztečí 0,65mm, tloušťka 2,4, nebo 1,75mm.
- TSOP - Thin Small Outline Package - tenké provedení, vývody po kratších stranách.

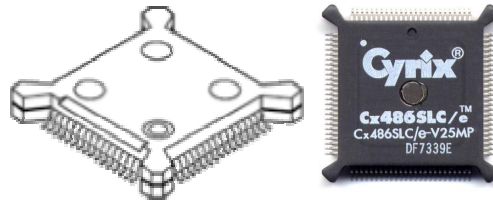


Obr. 26. Tvary pouzder SO.

### 1.7.2 Pouzdra typu Flat Pack

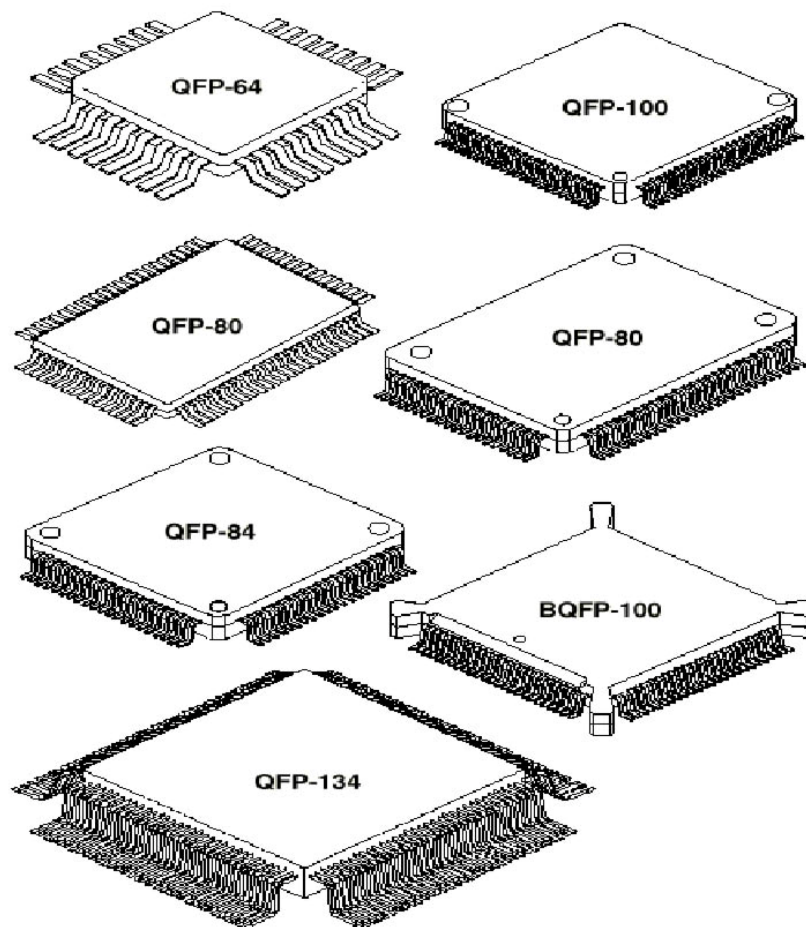
Jedná se o plastová, nebo keramická pouzdra s vývody tvaru „L“. Vývody mohou být umístěné rovnoběžně v protilehlých stranách pouzdra (Flat Pack), nebo po všech čtyřech stranách čtvercového nebo obdélníkového pouzdra (Quad Flat Pack – QFP). Pouzdra QFP mají malou montážní výšku cca 2,5 až 3,3 mm, v provedení TQFP (Thin Quad Flat Pack)

je výška pouzdra pouze 1,5 mm. Rozteč vývodů se zmenšuje s počtem od 0,8 mm do 0,4 mm, v provedení FQFP (Fine Quad Flat Pack) je rozteč vývodů až 0,3 mm. V důsledku velké citlivosti vývodů k poškození bylo podle americké normy JEDEC vyvinuto pouzdro BQFP s nálitky v rozích. Nálitky chrání vývody před poškozením během manipulace s pouzdem. Konstrukce pouzdra BQFP je zřejmá z obrázku 27.



Obr. 27. Konstrukce pouzdra BQFP.

Pouzdra typu Flat Pack jsou v současnosti velice rozšířená, ale pro jejich montáž a demontáž je zapotřebí specializovaných nástrojů.

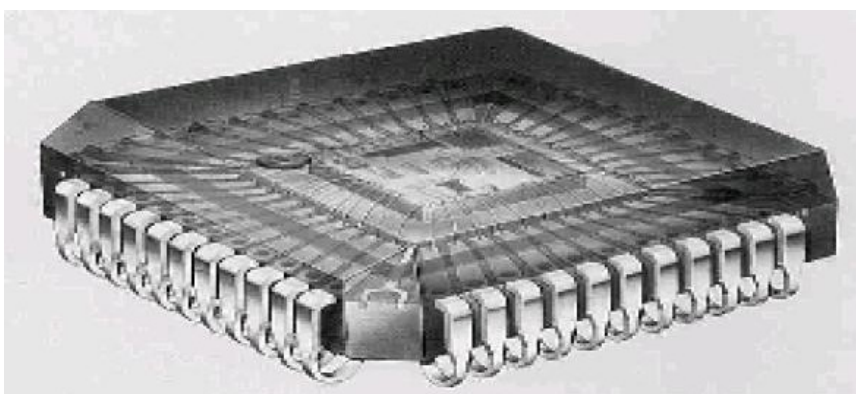


Obr. 28. Pouzdra typu Flat Pack.

### 1.7.3 Pouzdra PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier)

U těchto pouzder se můžeme také setkat s japonským označení QFJ. Pouzdro PLCC má vývody ve tvaru „J“ zahnuté pod tělo součástky, které jsou velmi odolné proti poškození. Vývody mají rozteč 1,27 mm a díky zahnutí pod tělo pouzdra nezvětšují jeho obrys a zajišťují vysokou pružnost, takže není problém s TCE (teplotní délková roztažnost) ani u velkých pouzder. Tato pouzdra je možné osazovat i do patic. Nevýhodou vývodů ve tvaru „J“ je obtížnější pájení vlnou a výška pouzdra.

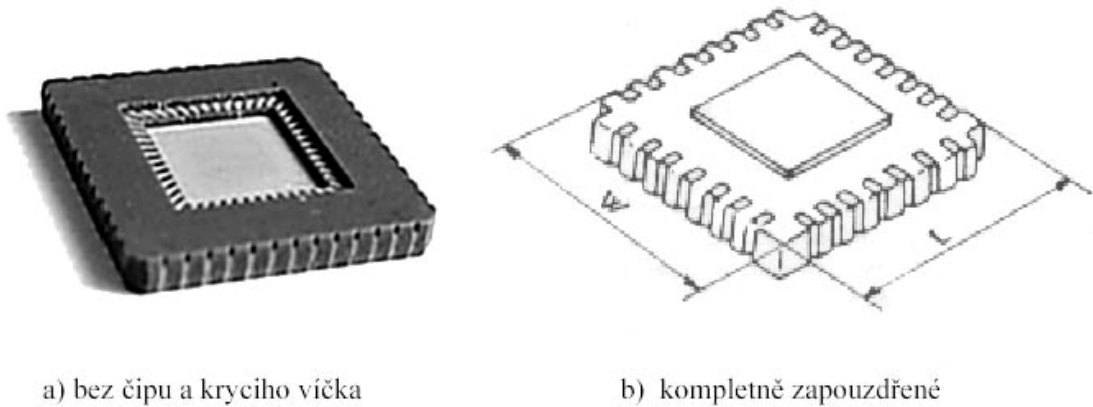
Vyrábí se jako obdélníková nebo čtvercová s počtem vývodů 20, 28, 32, 44, 52, 68 a 84.



Obr. 29. Pouzdro PLCC.

### 1.7.4 Pouzdra LCCC (Leadless Ceramic Chip Carrier)

Jedná se o pouzdra z keramického materiálu, který je vhodný pro náročné aplikace. Předností tohoto materiálu jsou dobré elektrické vlastnosti, takže pouzdra mají malou kapacitu, indukčnost a odpor vývodů. Jsou proto předurčena pro vf aplikace a díky hermetickému uzavření čipu také do prostředí, ve kterém by plastová pouzdra po určitém čase selhala. Nevýhodou těchto pouzder je různé TCE keramického pouzdra a desky plošného spoje. Tento problém mohou řešit keramická pouzdra s vývody, nebo použití speciální DPS s koeficientem teplotní roztažnosti blízcím se keramickému materiálu, aby nedocházelo k praskání pájeného spoje.



Obr. 30. Pouzdro LCCC.

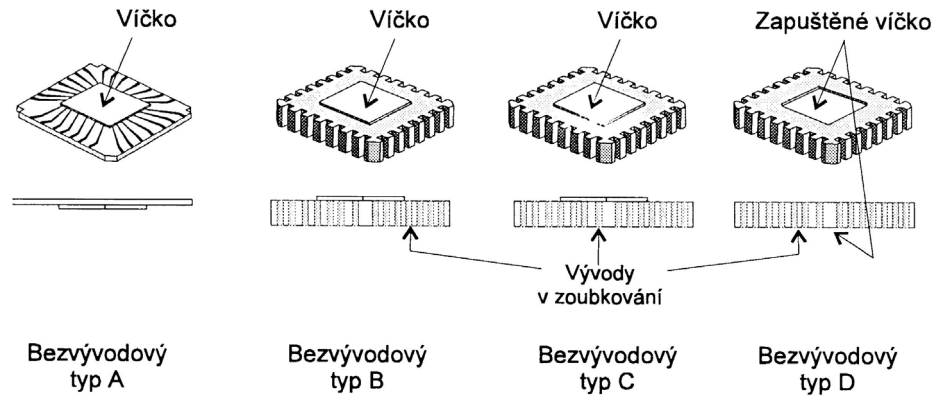
Keramická pouzdra se vyrábějí ve dvou základních provedeních: bezvývodová a s vývody. Čip je možné vložit do již vyrobeného pouzdra a toto pouzdro následně hermeticky uzavřít keramickým nebo kovovým víčkem.

#### **Bezvývodová keramická pouzdra**

Jsou to pouzdra s pokovenými koncovými kontakty s roztečí 1,27 mm a dělí se podle způsobu montáže na typy A, B, C a D.

- typ A – je určen k montáži do patice víčkem dolů a tím je zajištěno účinnější chlazení.
- typ B – je určen pro montáž na DPS do patice víčkem vzhůru, nebo pro přímé pájení.
- typ C – je keramické pouzdro podobné pouzdru typu B, ale s jiným uspořádáním vývodů.
- typ D – je určen k montáži víčkem dolů na DPS.

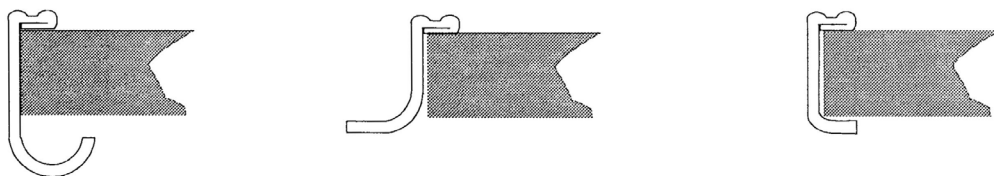
Princip jednotlivých typů znázorňuje obrázek 31.



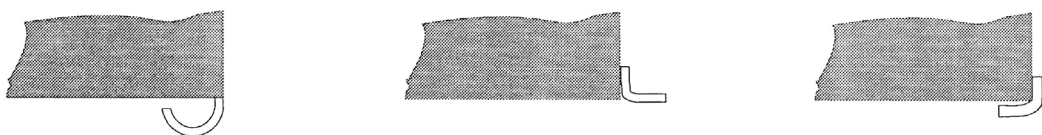
Obr. 31. Bezvývodové nosiče čipů. Typické montážní konfigurace s vyznačenou orientací.

### Keramická pouzdra s vývody

Tato pouzdra jsou již u výrobce opatřena vývody. Vývody jsou obvykle z měděné slitiny nebo z Kovaru a připojeny buď k pokovení na horní ploše pouzdra (viz obr. 32), nebo k zoubkování pouzdra (viz obr. 33). Obvyklé tvary vývodů mohou být „L“, „J“ nebo „C“ s roztečí 1,27 mm. Konfigurace kontaktů připojených na horní ploše a k zoubkování pouzdra jsou zřejmé z obrázků 32 a 33.



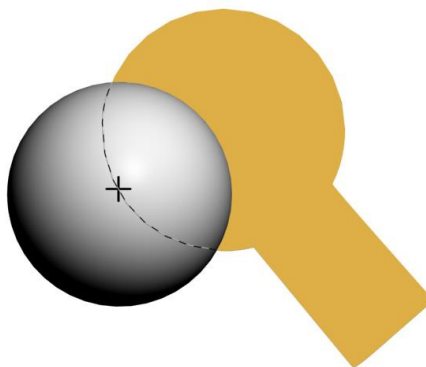
Obr. 32. Možné provedení vývodů tvrdě pájených k horní ploše pouzdra.



Obr. 33. Možné provedení vývodů připojovaných termokompresí k zoubkování pouzdra.

### 1.7.5 Pouzdra BGA (Ball Grid Array)

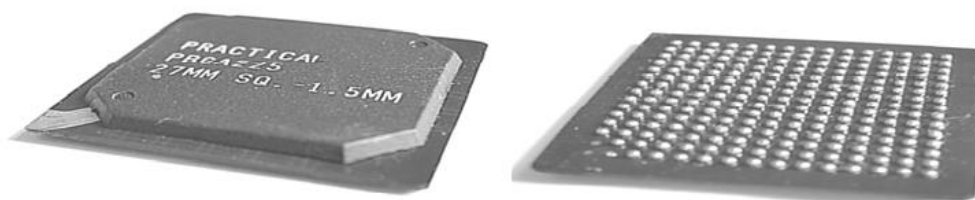
Tento typ pouzder konstrukčně vychází z pouzder PGA (Pin Grid Array) s drátovými vývody umístěnými pod pouzdrem. Vývody jsou u tohoto typu pouzdra realizovány kuličkami (SBC – Solder Ball Connector), nebo válečky (SCC – Solder Column Connector). Pouzdra BGA využívají dříve nevyužitý prostor pod tělem pouzdra a redukuje tak problémy vznikající při manipulaci s pouzdry s velkým počtem vývodů. Zvyšuje se počet vývodů, které jsou uspořádány do matice a zvětšuje se rozteč mezi nimi. Další výhodou těchto pouzder je vynikající schopnost samočinného vystředování během pájecího procesu, při kterém dochází k výrazným změnám polohy. Chyba v poloze osazení pouzdra do pájecí pasty může být až polovina průměru pájecí plošky. Přesnost osazení uvádí obrázek 34.



Obr. 34. Tolerance umístění pouzdra BGA na pájecí plošce.

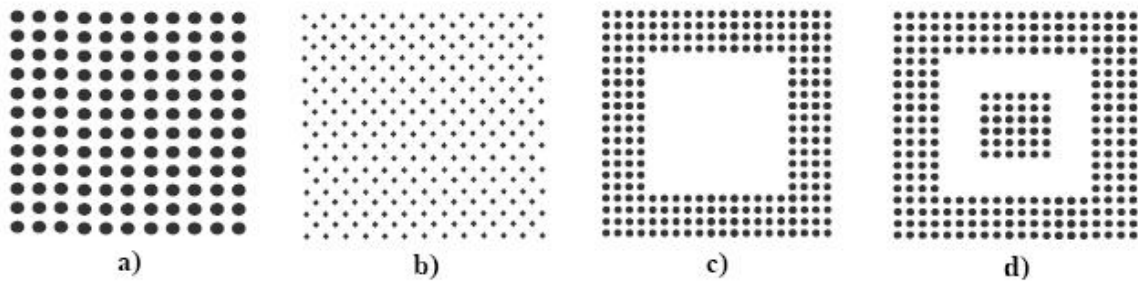
Během pájecího procesu dojde vlivem povrchového napětí roztavené pájky k vystředění kuličkového kontaktu a pájecí plošky.

Nevýhodou tohoto typu pouzder je obtížná kontrola kvality zapájení, v případě chybného zapájení je nutné celé pouzdro BGA vyjmout a zapájet znovu.



Obr. 35. Pouzdra BGA.

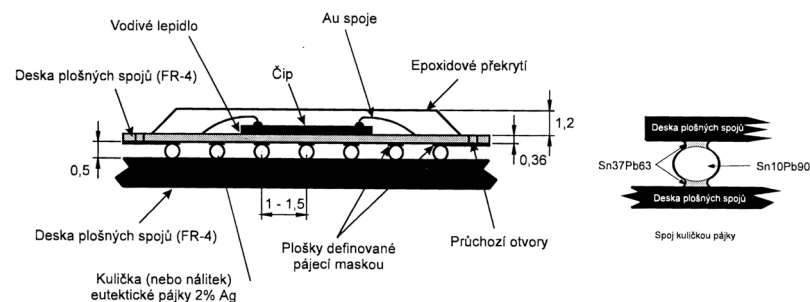




Obr. 36. Rozmístění kontaktů u pouzder BGA.

- Pouzdra P-BGA (Plastic Ball Grid Array)

Konstrukce pouzdra je uvedena na obrázku 37. Základní substrát tvoří materiál FR-4 (nebo BT), na který je tepelně vodivým epoxidovým lepidlem přilepen polovodičový čip. Základní substrát má tloušťku 0,25 mm s měděnou vrstvou tloušťky 18  $\mu\text{m}$ . Elektrické propojení čipu je realizováno Au drátovými vývody připojenými bondováním na pájecí plošky základního substrátu a pomocí prokovených otvorů jsou vedeny na spodní vrstvu. V této vrstvě jsou spojeny s maticí kontaktních plošek, na kterých se realizuje propojení s deskou plošného spoje pomocí kuliček pájky.

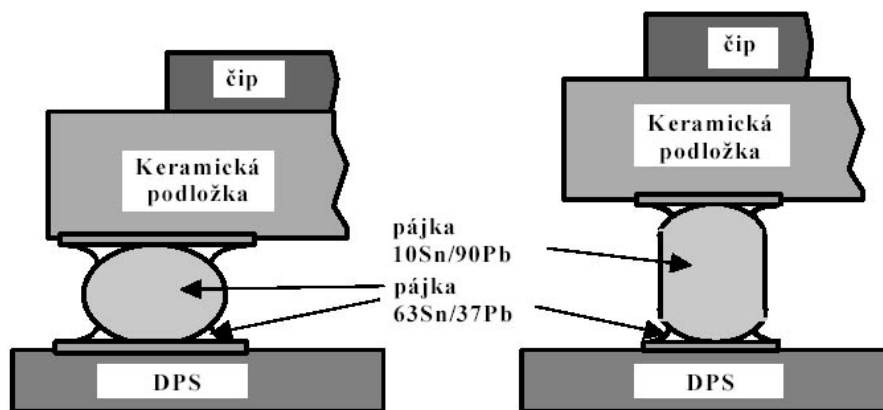


Obr. 37. Pouzdro BGA a pájený spoj.

Jelikož je materiál základního substrátu stejný jako materiál DPS, nevyskytuje se problém s prnutím v důsledku rozdílných koeficientů tepelných roztažností TCE.

- Pouzdra C-BGA (Ceramic Ball Grid Array)

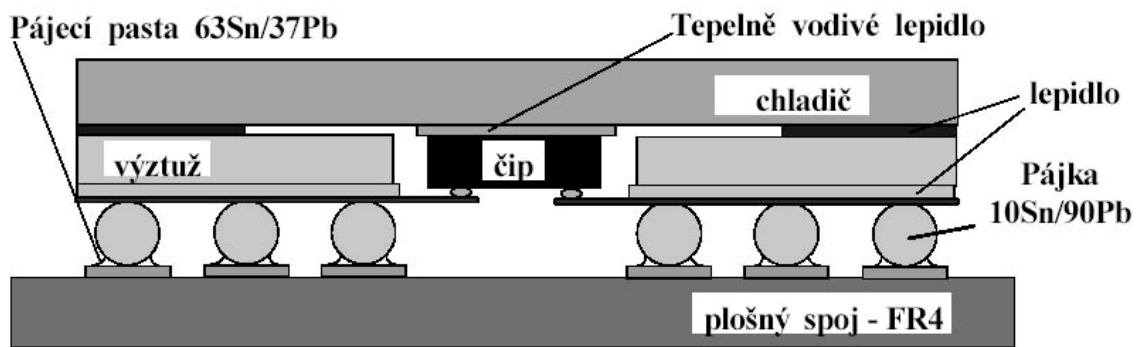
V případě tohoto typu pouzdra je pro materiál základního substrátu použita keramika. Keramické podložky umožňují realizovat vícevrstvé struktury, ale v důsledku rozdílného koeficientu tepelné roztažnosti TCE mezi keramickým materiálem ( TCE 5 až 7) a deskou plošného spoje FR-4 (TCE mezi 12 až 24) se využívají jen ve speciálních aplikacích. Problémy s pnutím je možné omezit použitím válečkových vývodů s vyšší pružností a pájky s nízkým bodem tání.



Obr. 38. Princip a konstrukce pouzdra C-BGA a tvary vývodů.

- Pouzdra T-BGA (Tape Ball Grid Array)

Polovodičový čip je upevněn na základní polyimidový substrát technologií Flip-Chip. Tento substrát má tloušťku 0,05 mm a je oboustranně pokoven mědí. Jedna strana zajišťuje uzemnění a na druhé straně je realizováno propojení. Vodivé propojení mezi vrstvami je zajištěno prokovenými otvory. Stínění těchto vrstev je velice účinné díky jejich malé tloušťce.

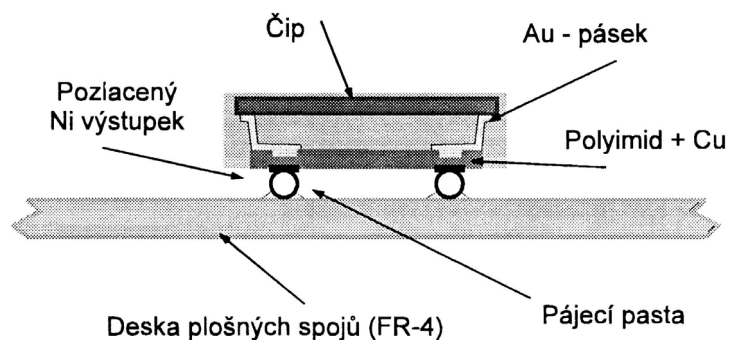


Obr. 39. Řez pouzdem T-BGA.

Pouzdra T-BGA mají malou výšku 1,3 mm, nebo 1,9 mm i s krycím víčkem.

- Pouzdra  $\mu$ -BGA

Patří mezi nejmodernější typy pouzder a byly vyvinuty firmou TESSERA. Tato pouzdra mají výhody technologie Flip-Chip, ale osazování na desku plošných spojů je jednodušší. Konstrukce pouzdra je názorná z obrázku 40.

Obr. 40. Řez pouzdem  $\mu$ -BGA.

Polovodičový čip je přilepen pružným lepidlem na základový polyimidový materiál. Spojení mezi polovodičovým čipem a polyimidovou podložkou je realizováno zlatými pásky, které jsou připojeny termokompresí.

Pouzdro  $\mu$ -BGA je v současnosti nejmenší vyráběné pouzdro, které je využitelné díky své přijatelné ceně.

Mezi další výhody patří:

- pouzdro může mít teoreticky stejné rozměry jako polovodičový čip
- k vynikajícím elektrickým vlastnostem přispívají velmi krátké vývody
- umístění chladiče na pouzdře umožňuje jeho vynikající chlazení
- možnost testování a zahořování čipu v pouzdře

### Porovnání jednotlivých typů pouzder BGA

V tabulce 9 jsou porovnávány vybrané vlastnosti pouzder s přibližně stejným počtem vývodů.

Tab. 9. Porovnání parametrů jednotlivých typů pouzder.

Typ pouzdra	PGA	PQFP	BGA	T-BGA	$\mu$ -BGA
Počet vývodů	208	208	225	224	313
Rozteč vývodů	2,5 mm	0,5 mm	1,27 mm	1,27 mm	0,5 mm
Plocha na DPS	1140 mm <sup>2</sup>	785 mm <sup>2</sup>	670 mm <sup>2</sup>	530 mm <sup>2</sup>	252 mm <sup>2</sup>
Hmotnost	25 g	-	1 g	5 g	0,47 g
Poměr čip / pouzdro	11	8	7	5	1
Indukčnost vývodů	3-7 nH	6-7 nH	3-5 nH	1,3-5,5 nH	0,5-5,1 nH
Kapacita vývodů	4-10 pF	0,5-1 pF	1 pF	0,4-2,4 pF	0,05-0,2 pF
Tepelný odpor	2-3 °C/W	0,5-0,6 °C/W	10 °C/W	1,5 °C/W	0,2-2 °C/W

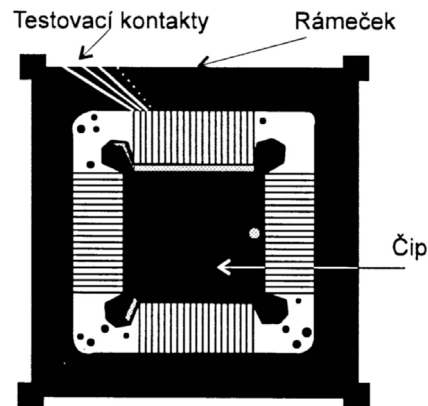
#### 1.7.6 Moderní technologie a trendy v pouzdření integrovaných obvodů

- Technologie TapePak™

Tento typ pouzdra může obsahovat vysoký počet vývodů (až 300) s roztečí od 0,5 mm do 0,28 mm. V takovém případě by bylo velice obtížné zachovat pouzdro s předem tvarovanými vývody během dopravy a manipulace bez poškození vývodů. Pouzdro TapePak tento problém řeší ochranou vývodů rámečkem plastového nosiče, ze kterého jsou odřezávány a tvarovány v rámci procesu osazování podobně jako při montáži do průchozích otvorů.

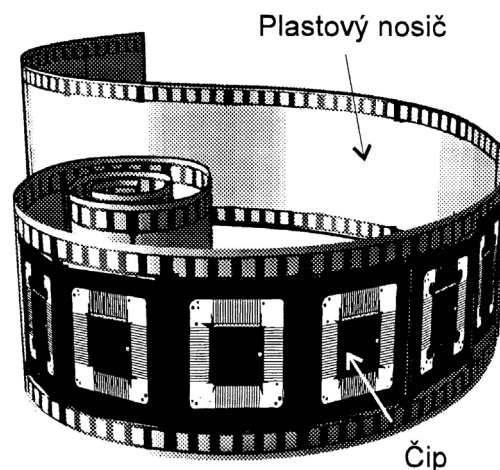
Vedle ochrany vývodů má rámeček další výhodu – možnost elektrického testování prvků pomocí přípravků se sondami po vnější straně obvodu rámečku, takže nedochází k poškození kritických ploch vývodů.

Pouzdro TapePak je uvedeno na obrázku 41.



Obr. 41. TapePak - pouzdro s montážním rámečkem.

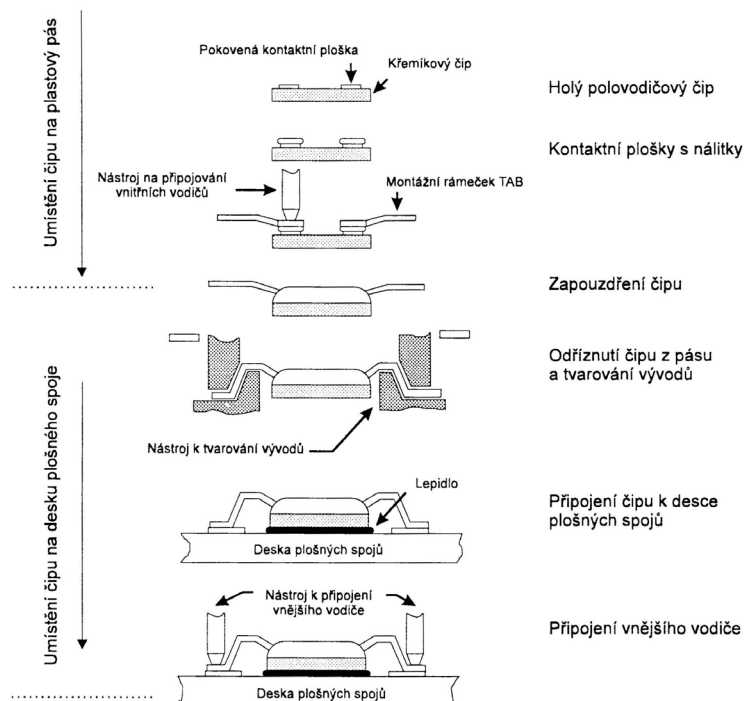
- Technologie TAB (Tape Automated Bonding)



Obr. 42. Perforovaný pás s čipy – TAB.

V této technologii se jako propojení mezi polovodičovým čipem a deskou plošného spoje používají leptané páskové vodiče z měděné folie pokryté vrstvou cínu. Tyto páskové vodiče se vytvářejí na nosné polyimidové pásce s perforací podobné kinofilmu. V dalším

kroku se provede spojení pokovených vývodů čipu a vyleptaných vývodů na polyimidové páse termokompresní metodou. Nakonec je čip společně s vývody chráněn proti mechanickému poškození zapouzdřením do ochranného epoxidového povlaku a připraven k montáži. Montáž čipů probíhá postupně, každý čip se nejprve umístí nad danou pozici na desce plošného spoje a odřízne se z pásu. Následně jsou připojeny vnější vodiče, v případě větších roztečí ( $>0,5$  mm) je vhodné použití pájecí pasty a následné přetavení. V případě menších roztečí již nelze zaručit dostatečnou přesnost při nanášení pájecí pasty tak, aby nedocházelo ke zkratům. Proto se používá pájení laserem nebo termokompresí. Celý proces výroby TAB i s osazením na DPS je přehledně zobrazen na obrázku 43.

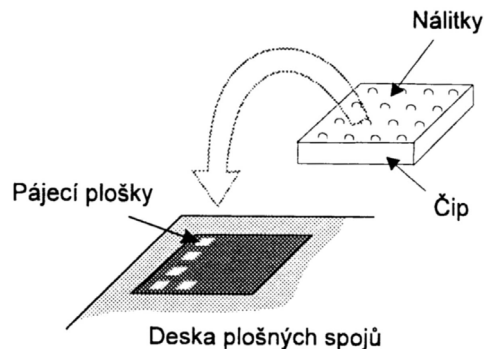


Obr. 43. Proces výroby a montáže TAB.

- Technologie Flip – Chip

Tato technologie byla vyvinuta z myšlenky uspořít prostor a hmotnost úplným odstraněním pouzdra čipu. Polovodičový čip je potom montován na desku plošného spoje aktivní stranou s hliníkovými ploškami, které jsou opatřeny nálitky. Nálitky vytvářejí elektrické kontakty a současně zajišťují montážní odstup mezi čipem a deskou plošného spoje. Jako materiál na nálitky je možné použít eutektickou pájku, pájku s vysokým obsahem olova, nikl, zlato nebo vodivá lepidla označovaná jako polymerové nálitky. Čipy s nálitky

z eutektické pájky vykazují dobré schopnosti v samovystředování během procesu přetavení.

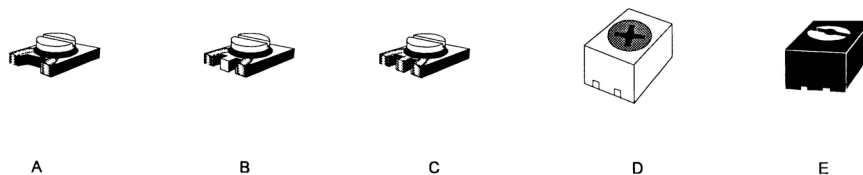


Obr. 44. Montáž Flip Chipu na desku.

## 1.8 Ostatní součástky SMD

V současné době je snaha elektrotechnického průmyslu vyrábět všechny součástky v SMD provedení. Některé tyto součástky však není z konstrukčního hlediska možné pájet vlnou.

### 1.8.1 Potenciometry a trimry

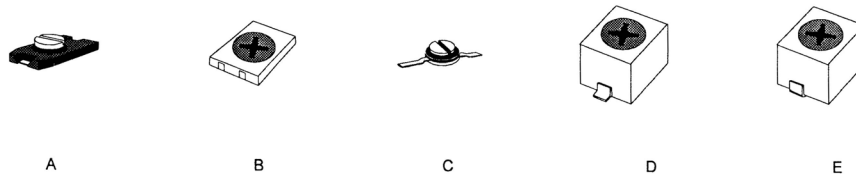


Obr. 45. Provedení SMD odporových potenciometrů.

Potenciometry pro SMT se vyrábějí ve dvou provedeních: utěsněné a otevřené. Utěsněné potenciometry (obrázek 45. D a E) mají zcela uzavřenou konstrukci a jsou opatřeny těsněním, které prvek chrání proti vniknutí nečistot a vlhkosti. Těsnění také prvek chrání během procesu pájení před tavídky a během čištění před rozpouštědly. Otevřené potenciometry (obrázek 45. A, B a C) jsou navrženy na opačném principu než uzavřené a využívají své konstrukce ke snadnému přístupu čistících rozpouštědel, která odstraňují tavidla.

Utěsněné potenciometry jsou využívány pro průmyslové a vysoce spolehlivé aplikace a vyrábějí se jako jednootáčkové nebo víceotáčkové. Otevřené potenciometry jsou výrobně levnější, vyrábějí se zpravidla pro jednu otáčku a své použití nacházejí především ve spotřební elektronice.

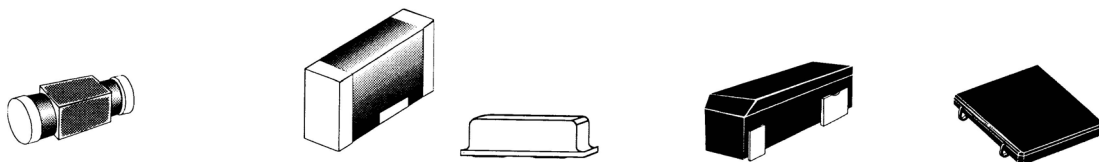
Kapacitní potenciometry mají obdobnou konstrukci jako odporové potenciometry, a proto i způsob osazování na DPS je obdobný jako v případě odporových potenciometrů.



Obr. 46. Provedení SMD kapacitních potenciometrů.

### 1.8.2 Ostatní SMD prvky

Kromě dříve uvedených součástek se již v provedení SMD vyrábějí keramické filtry a krystaly, relé, celý sortiment optoelektronických součástek, termistory i pojistky. Obecně však platí, že tyto součástky musí splňovat zvýšené nároky na tepelné namáhání během pájení a musí svým tvarem usnadnit osazování na osazovacích automatech.



Obr. 47. Možné provedení ostatních SMD prvků.

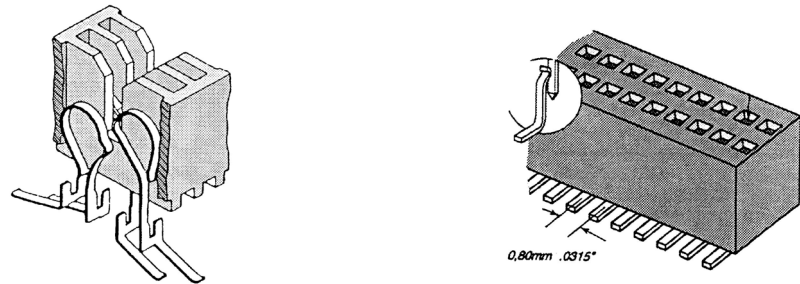
## 1.9 Elektromechanické součástky pro SMT

Pro povrchovou montáž se přizpůsobuje tvar, velikost i provedení elektromechanických součástek jako např. spínačů, konektorů, patič a dalších konstrukčních prvků.

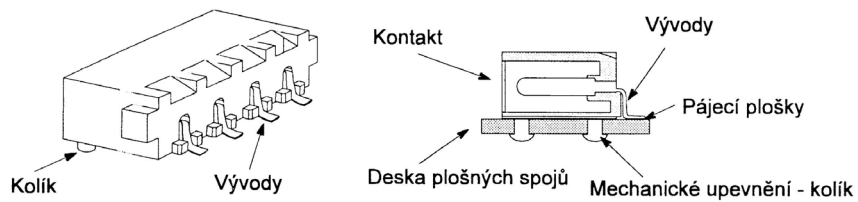
Konektory pro povrchovou montáž mají značně odlišné provedení než u klasických konektorů. S narůstající hustotou osazení desek plošných spojů vzniká požadavek jejich vzájemného propojení mezi sebou. Proto konektory pro tento účel musí obsahovat vysoký



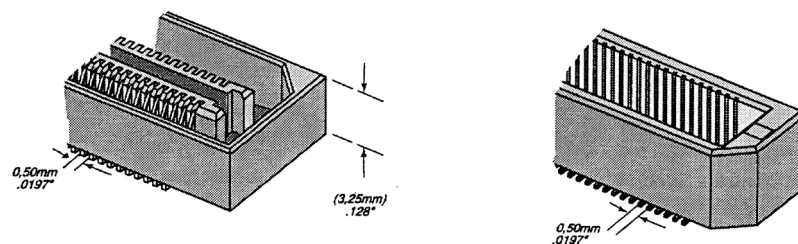
počet kontaktů s roztečí 1,27 mm a menší. Konektory slouží pro montáž plochých kabelů nebo ohebných plošných spojů, a proto nemohou být připevněny na desku plošného spoje pomocí šroubů. Většinou se využívá systému mechanického zajištění pomocí západek nebo kolíků. Příklady provedení konektorů jsou uvedeny na obrázcích 48 až 51.



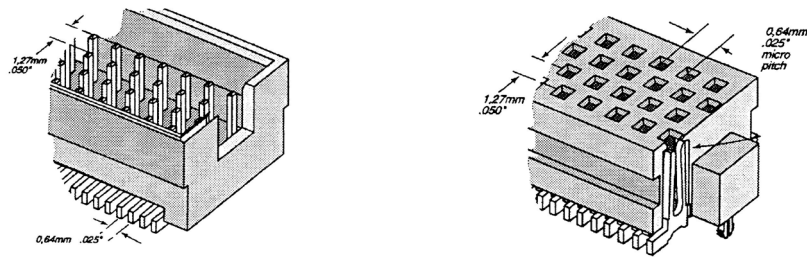
Obr. 48. Provedení povrchově montovatelných konektorů.



Obr. 49. Povrchově montovatelný pravoúhlý konektor.



Obr. 50. Konektory pro speciální aplikace.



Obr. 51. Dvojice konektorů určená pro spojení dvou desek plošných spojů.

Pro rychlou výměnu integrovaných obvodů, případně programování pamětí, nebo pro vývojové kity se s výhodou používají patice.

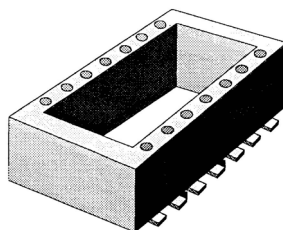
Patice pro povrchovou montáž existují ve dvou provedeních:

První typ je určen pro vkládání do průchozích otvorů a slouží pro vložení SMD pouzder. To je důležité především tehdy, když není k dispozici ekvivalent obvodu v klasickém vývodovém pouzdru, ale jen v SMD provedení. Pak je možné osadit patici do průchozích otvorů a SMD součástku osadit až v poslední fázi výroby.

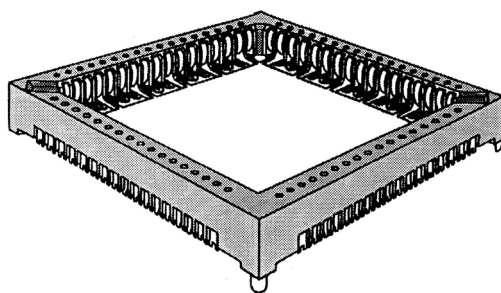
Druhým typem jsou patice určené pro povrchovou montáž. Tyto patice mají své vývody rozložené podle stejného schématu jako součástka, pro kterou jsou určeny.

Jelikož zásuvky v patici netvoří s vývody součástky pájené spoje, hrozí zde nebezpečí koroze a tvorby oxidů na povrchu kontaktů především ve vlhkém prostředí, které může po určitém čase nebo za přítomnosti vibrací přerušit elektrický kontakt mezi vývodem součástky a zásuvkou patice. Nepříznivý vliv mají především zbytky tavidla, které není možno zcela odstranit.

Použití patic je tedy na místě právě tam, kde jejich výhody převažují nad nevýhodami.



Obr. 52. Povrchově montovatelná patice pro pouzdra DIL.



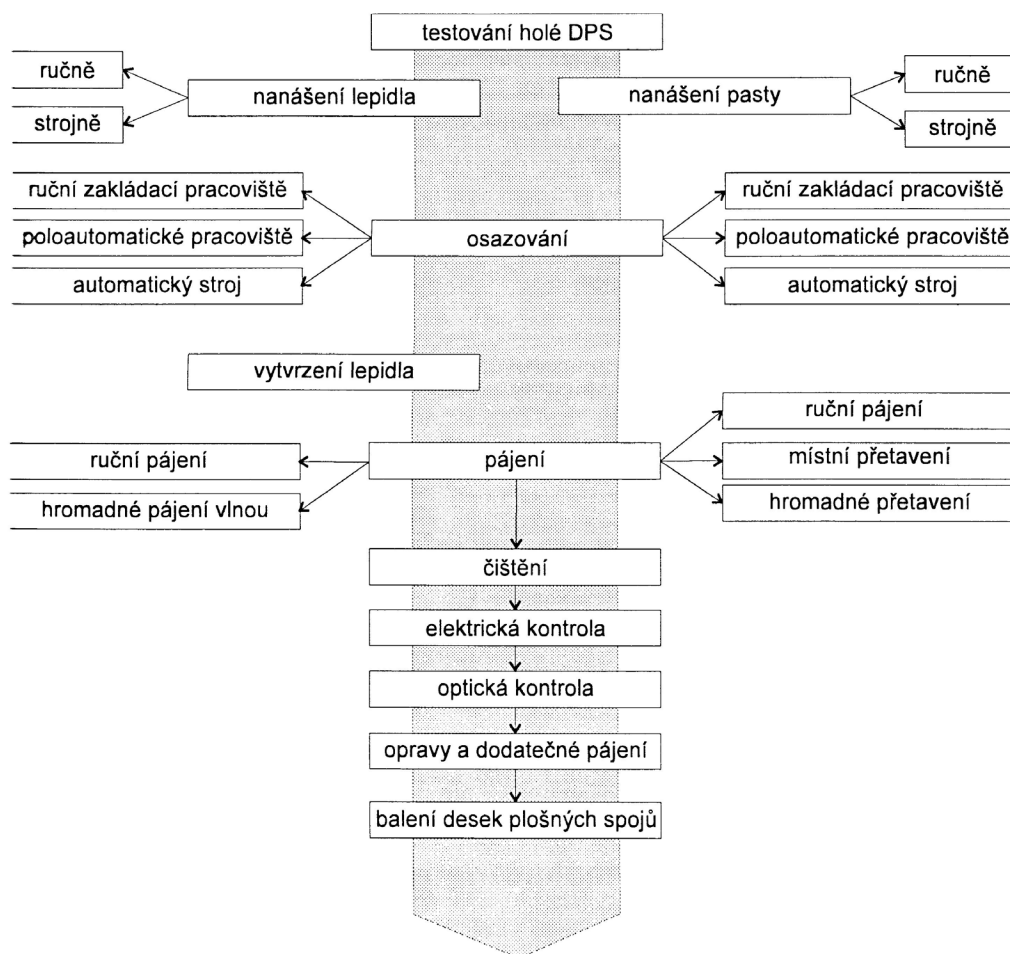
Obr. 53. Povrchově montovatelná patice pro pouzdra PLCC.

## 2 TECHNOLOGICKÉ POSTUPY V POVRCHOVÉ MONTÁŽI

Montáž součástek na desky plošných spojů lze obecně rozdělit do dvou kroků:

- 1) osazení součástek
- 2) zapájení součástek

Uvedené kroky jsou provedeny vždy, existují však kroky předcházející (nanášení pájecí pasty atd.) a následující (čištění a kontrola osazených desek apod.). Celý technologický proces při výrobě DPS je znázorněn na obrázku 54.

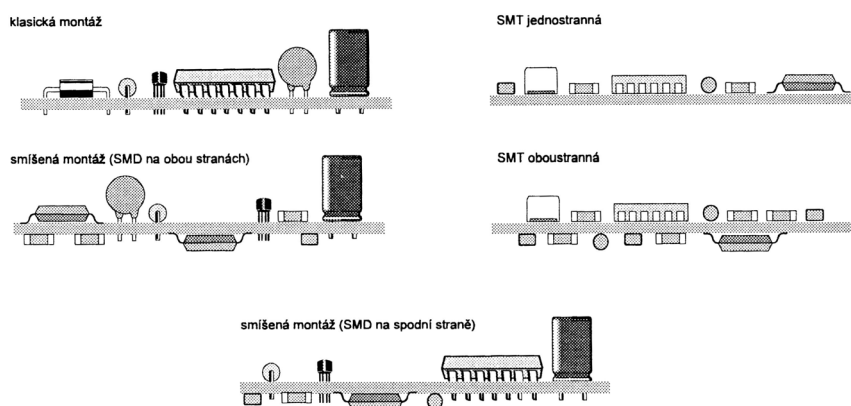


Obr. 54. Přehled jednotlivých operací při montáži SMD prvků na DPS.

- **Testování neosazených desek plošných spojů** je velice důležitá operace a předpokládá se, že bude provedena u výrobce DPS. Nedoporučuje se v žádném případě zpracovávat netestované desky plošných spojů.

- **Nanesení lepidla nebo pájecí pasty** - tento krok je volen podle požadavku na typ pájení.
- **Osazování součástek** - probíhá vždy, volba ručního nebo automatického osazování závisí na požadovaném počtu kusů zpracovávaných desek.
- **Pájení DPS** je ruční nebo strojní a závisí opět na požadovaném počtu kusů zpracovávaných DPS.
- **Čištění DPS** je závislé na použitých pájecích materiálech. Současným trendem je použití tzv. bezoplachových materiálů (tavidel, pájecích past apod.), kde po konečném procesu pájení není nutné zbytky tavidel a nečistot z povrchu DPS odstraňovat.
- **Elektrická a optická kontrola** je velmi důležitá, protože zachycení závady v tomto kroku znamená velmi výrazné úspory.
- **Opravy a dodatečné pájení** následují po kontrole. Opravy jsou přímo závislé na předcházející kontrole. Dodatečné pájení je určeno pro součástky, které není možné osadit v běžném výrobním procesu a jedná se o teplotně citlivé a speciální součástky, např. konektory, patice apod.

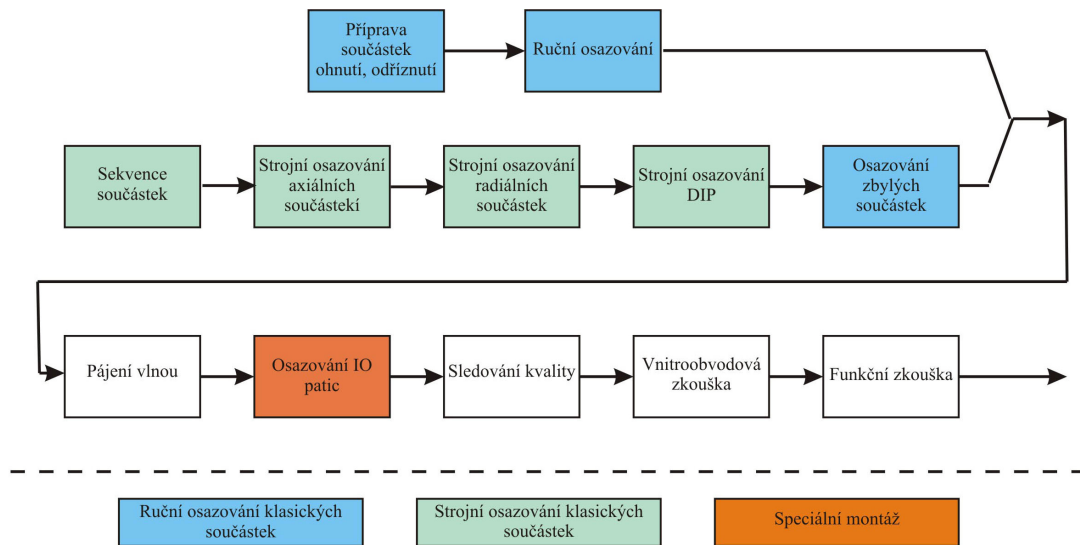
Osazování desek plošných spojů je možné realizovat několika způsoby v závislosti na použití klasických vývodových součástek, součástek SMD, nebo jejich vzájemné kombinaci na jedné straně desky plošného spoje, nebo po obou stranách DPS. Volba konkrétního postupu je závislá na poměru zpracovávaných SMD a klasických součástek a na limitních rozměrech desky plošných spojů. Z technologického hlediska je kombinované osazování nejsložitější metodou montáže. Na obrázku 55 jsou uvedeny veškeré způsoby osazení klasických i SMD součástek a jejich kombinace.



Obr. 55. Možnosti provedení desek s klasickými a SMD součástkami.

## 2.1 Klasická technologie průchozích otvorů

V případě montáže součástek do otvorů je možné desky plošných spojů osazovat ručně nebo automaticky. Při ručním osazování je nutné provést určité úpravy osazovaných součástek, k nimž patří zahnutí a zkrácení vývodů na požadovanou délku. Pasivní součástky je výhodné osazovat automaticky. V tomto případě je nutné před samotný osazovací automat zařadit tzv. sekvencer. Ten má za úkol součástky setřídit ve stejné posloupnosti, v jaké budou následně osazovány. Během osazování jsou součástky vyříznuty z pásu, vývody ohnuty a součástka zasunuta do otvorů v desce. Následně jsou vývody na spodní straně desky opět ohnuty, aby byla součástka pevně fixována během dalších fází zpracování. Montáž speciálních prvků, jako např. konektory, cívky apod., není pomocí automatů možná, a proto se musí osazovat ručně nebo pomocí speciálních strojů vyvinutých pro tento účel. Osazovací stroje pro klasickou montáž jsou prostorově i cenově velice nákladné. Pro klasickou technologii průchozích otvorů je charakteristické pájení vlnou. Při tomto způsobu pájení je velice důležitým krokem aplikace tavidla, které zajišťuje pokrytí pájených vývodů roztavenou pájkou. Před samotným pájením se provádí přehřev desky za současného sušení tavidla. Samotný proces pájení pájecí vlnou zajišťuje elektrické a mechanické spojení mezi vývody součástek a pájecími ploškami na desce plošných spojů. Výše popsaný technologický proces schématicky znázorňuje obrázek 56.



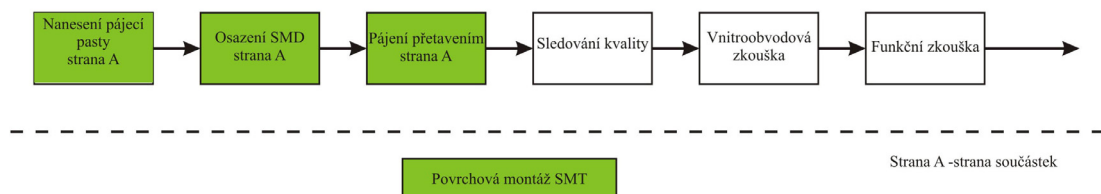
Obr. 56. Jednotlivé fáze výroby klasickou technologií.

## 2.2 Technologie povrchové montáže

Technologii povrchové montáže lze rozdělit na montáž se součástkami umístěnými po jedné nebo po obou stranách desky plošných spojů.

### 2.2.1 Osazování po jedné straně

Technologický proces montáže součástek po jedné straně DPS zobrazuje obrázek 57. Prvním krokem je aplikace pájecí pasty na desku plošných spojů. Pro aplikaci pájecí pasty je možné použít sítotisk, tisk přes šablonu, nebo dispenzer. Následuje osazení součástek, které je možné provést ručně, poloautomatickým nebo automatickým zařízením pracujícím na principu pick & place (uchop a polož). Celý proces je ukončen pájením přetavením.

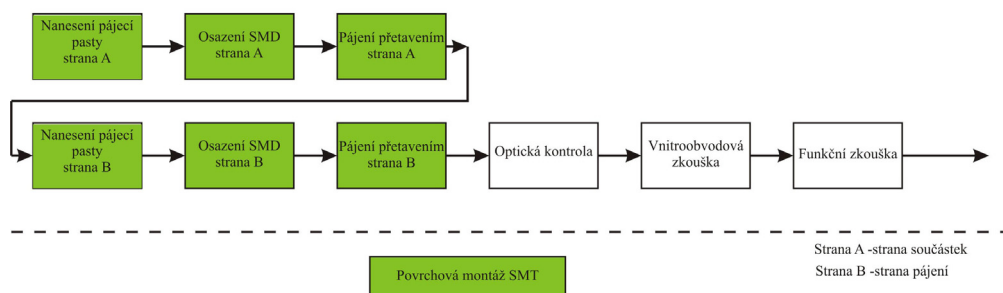


Obr. 57. SMD montáž na jedné straně.

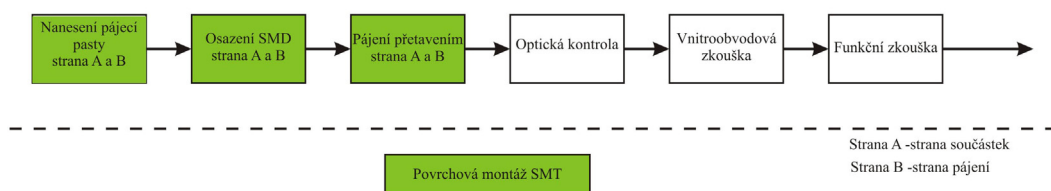
### 2.2.2 Osazování po obou stranách DPS

V důsledku vysoké montážní hustoty je snaha osazovat SMD součástky po obou stranách desky plošných spojů. Osazení je možné provést dvěma technologickými procesy.

První způsob spočívá v nanesení pájecí pasty na stranu součástek (strana A) desky plošných spojů a osazení této strany součástkami. Po osazení následuje pájení přetavením. Následně je deska plošných spojů otočena a pájecí pasta je nanesena na stranu pájení (strana B) desky plošných spojů. Opět následuje osazení součástkami a pájení přetavením. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat druhému pájení přetavením a nastavit teplotní profil tak, aby nedošlo k odpájení součástek prvního procesu pájení. Tento problém může také vyřešit použití lepidla, kdy jsou součástky na straně pájení (strana B) přilepeny a potom je možné pájet obě strany najednou. Technologický proces oboustranné montáže na DPS s odděleným osazením a pájením jednotlivých stran je uveden na obrázku 58 a 59.



Obr. 58. SMD montáž po obou stranách DPS s dvojitým přetavením.

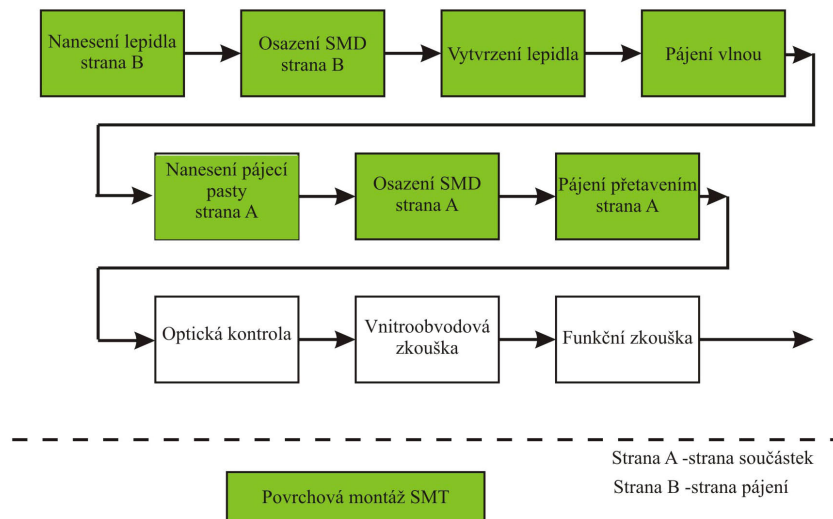


Obr. 59. SMD montáž po obou stranách DPS s jedním přetavením.

Druhý způsob spočívá v pájení strany pájení (strany B) vlnou. Nejprve je nanесeno lepidlo a v následujícím kroku jsou osazeny součástky. Následuje vytvrzení lepidla a pájení vlnou. Strana součástek (A) může být zpracována přetavením jako první, nebo až po zapájení



strany B pájením vlnou. Během procesu pájení vlnou totiž teplota na straně součástek nepřesahuje 100°C.



Obr. 60. SMD montáž po obou stranách DPS a pájením strany B vlnou.

## 2.3 Smíšená technologie montáže kombinací SMT a technologie průchozích otvorů

V případě tohoto způsobu montáže je nutná určitá koordinace výrobních kroků. Např. součástky zasouvané do otvorů nemohou být osazovány dříve než součástky SMD. Jednotlivé výrobní postupy osazování desky plošných spojů z obou stran jsou následující.

### 2.3.1 SMD pouze na straně pájení

Celý technologický proces je poměrně jednoduchý: na stranu pájení (B) je nanášeno lepidlo a následně jsou osazeny součástky SMD. Po vytvrzení lepidla je deska plošného spoje otočena a proběhne osazení součástek do průchozích otvorů. V poslední fázi je na stranu pájení nanášeno tavidlo a tato strana zapájena vlnou.

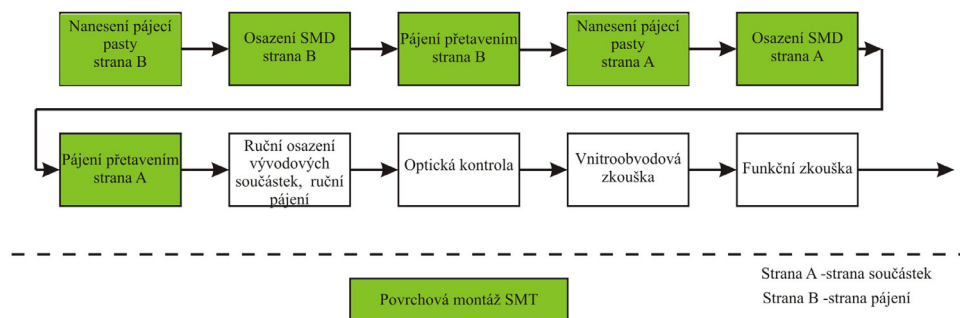
### 2.3.2 SMD pouze na straně součástek

U tohoto způsobu montáže je prvním krokem osazení strany součástek součástkami pro povrchovou montáž, které jsou následně pájeny přetavením. V dalším kroku se osadí součástky do průchozích otvorů, které je možno následně zapájet ručně nebo vlnou.

### 2.3.3 SMD po obou stranách

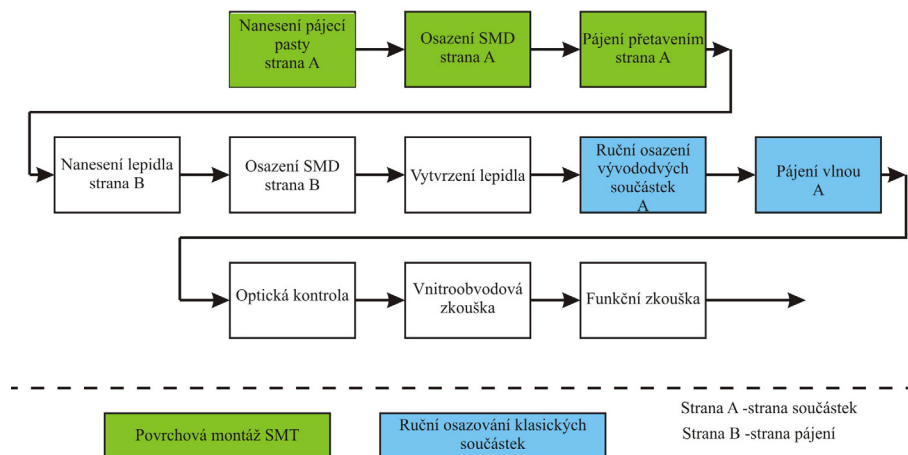
Tento způsob montáže je technologicky nejsložitějším v celém výrobním procesu desek plošných spojů. Existují dva způsoby zpracování DPS se smíšenou montáží po obou stranách.

První způsob spočívá v klasickém pájení přetavením, tj. nanesení pájecí pasty, osazení součástek a samotné pájení přetavením jak na straně součástek (A), tak i na straně pájení (B). Nakonec jsou ze strany součástek ručně osazeny a zapájeny klasické součástky do průchozích otvorů. Celý proces je uveden na obrázku 61.



Obr. 61. Smíšená montáž na DPS s procesem pájení přetavením.

Druhý způsob je vhodný pro větší počet součástek osazovaných do otvorů. Celý proces je zahájen nanesením pájecí pasty a osazením a zapájením SMD součástek ze strany součástek (A). Následuje nanesení lepidla na stranu pájení (B), osazení SMD součástek na tuto stranu a vytvrzení lepidla. Ručně jsou osazeny vývodové součástky a celá strana pájení je nakonec zapájena vlnou.



Obr. 62. Smíšená montáž na DPS s procesem pájení vlnou.

## 2.4 Manipulace se součástkami

### 2.4.1 Ochrana elektrostaticky citlivých součástek ( ESD )

Zásady zacházení se součástkami citlivými na náboje statické elektřiny a požadavky na vybavení prostoru pro práci s nimi je popsáno v normě ČSN EN 61340 Elektrostatika – Část 5-1: Ochrana elektronických součástek před elektrostatickými jevy [4]. V této normě je uvedeno množství definic pro samotné elektrostatické jevy, prostředky pro uzemnění elektrostatického náboje, specifikace obalových materiálů a např. požadavky na pracovní prostor. Obalové materiály ESD bezpečné musí být označeny štítky, viz. obrázek 63 :



Obr. 63. Příklady štítků upozorňujících na nebezpečí ESD.

Požadavky na předměty chránící před ESD jsou shrnuty v tabulce 10.

Tab. 10. Požadavky na předměty chránící před ESD.

Požadavky jednotlivých položek	Povrchová rezistance $R_s$ nebo rezistance celé délky $R_e$ nebo rezistance mezi dvěma body $R_p$	Rezistance k zemi EPA na k uzemnitelnému bodu $R_g$	Pokles náboje
	$\Omega$	$\Omega$	
Pracovní povrchy, skladovací rošty policové a etážové vozíky	$1 \times 10^4 \leq R_p \leq 1 \times 10^{10}$	$7,5 \times 10^5 \leq R_g \leq 1 \times 10^9$	
Podlahy		$R_g \leq 1 \times 10^9$	
Sedadla		$R_g \leq 1 \times 10^9$	
Oděvy	$R_p \leq 1 \times 10^{12}$		Na 10% počáteční hodnoty (max. 1000V) za méně než 2s.
Rukavice a návleky na prsty			Na 10% počáteční hodnoty (max. 1000V) za méně než 2s.
Náramky nenasazené		$R_p \leq 1 \times 10^5$	
Kabely k náramkům	$7,5 \times 10^5 \leq R_e \leq 5 \times 10^6$		
Nástroje		$R_g \leq 1 \times 10^{12}$	Na 10% počáteční hodnoty (max. 1000V) za méně než 2s.
Ionizátor			Pokles z 1000V na 100V za 20s maximálně
Požadavky systému			
Náramky nasazené		$7,5 \times 10^5 \leq R_g \leq 3,5 \times 10^7$	
Nasazené rukavice a návleky na prsty		$7,5 \times 10^5 \leq R_g \leq 1 \times 10^{12}$	
Nasazená obuv na kovové desce		$5 \times 10^4 (1 \times 10^5 \text{ na botu}) \leq R_g \leq 1 \times 10^8$	

### 2.4.2 Manipulace se součástkami citlivými na vlhkost ( MSDS )

Pouzdra PBGA, nebo QFP se dělí do šesti kategorií dle absorpce vlhkosti (LEVEL 1 – LEVEL 6). Skladovatelnost pouzder LEVEL 2 – LEVEL 5 v originálním balení je 12 měsíců při teplotě nižší 40°C a relativní vlhkosti (RH) <90%. Pouzdra jsou balena společně se silikagelem a indikátorem vlhkosti a hermeticky uzavřena v antistatickém obalu (pokovený PET). Na štítku obalu je uvedena kategorie součástky. Po vyjmutí z originálního obalu musí být pouzdra zpracována, nebo skladována za podmínek uvedených v tabulce 11.

Tab. 11. Zpracování a skladování BGA po vyjmutí z obalu.

LEVEL	ZPRACOVAT DO	SKLADOVAT V	POPIS
1	není omezeno	nespecifikováno	NON MOISTURE SENSITIVE
2	1 ROKU, < 30°C, <90% RH	< 20% RH	LIMITED MOISTURE SENSITIVE
3	168 hodin, < 30°C, <90% RH	< 20% RH	MOISTURE SENSITIVE
4	72 hodin, < 30°C, <90% RH	< 20% RH	VERY MOISTURE SENSITIVE
5	24 hodin, < 30°C, <90% RH	< 20% RH	HIGHLY MOISTURE SENSITIVE
6	vždy vysušit	vždy vysušit	EXTREMELY MOISTURE SENSITIVE

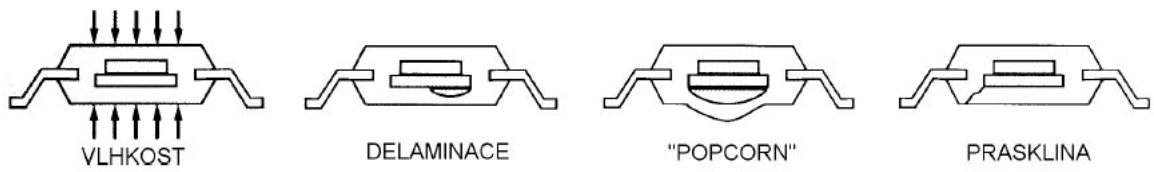
Pouzdra je nutné vysušit, nejsou-li po vyjmutí zpracována do uvedené doby, nebo skladována v definovaných podmínkách. Vysoušení probíhá při teplotě 40-45°C po dobu 192 hodin, nebo při teplotě 125°C +/- 5°C po dobu 24 hodin.

#### Vady způsobené vlhkostí

Pouzdra součástek citlivé na vlhkost absorbují vlhko a během procesu pájení (vlnou, přetavením apod.) dochází k expanzi vodní páry a poškození součástky. Poškození pouzdra se projevuje jako:

- praskliny (cracking)
- mikropraskliny (microcracking)
- delaminace pouzdřícího materiálu od substrátu
- tzv. „popcorndefect“

Jednotlivé vady jsou názorně zobrazeny na obrázku 64.



Obr. 64. Vady QFP a BGA způsobené vlhkostí.

### 3 MATERIÁLY PRO MONTÁŽNÍ TECHNOLOGIE

#### 3.1 Tavidla

Jedná se převážně o kapalnou nebo pevnou látku. Účelem tavidla je odstranění oxidů a ostatních nečistot ze spojovaných povrchů a umožnění pájce dobré roztečení a přenos tepla. Reakce tavidla s oxidy také zapříčiní zvýšení povrchového napětí spojovaných povrchů a tím i zlepšení smáčivosti. Nejdůležitější složkou tavidel, pomocí které dosahujeme dobrých pájecích výsledků, jsou tzv. aktivátory. Nejstarším typem tavidla je přírodní pryskyřice – kalafuna složená zejména z organických kyselin.

**Tavidlo volíme s ohledem na:**

- pájitelnost součástek a DPS
- způsob nanášení
- vlastnosti pájecího zařízení a technologii pájení
- čistitelnost tavidla po pájení
- korozivnost zbytků tavidla

##### 3.1.1 Dělení tavidel

Nejstarší dělení tavidel dle aktivních složek podle americké vojenské normy MIL-F-14256 se stále ještě používá, ale tato norma už neplatí. Byla nahrazena normou J-STD-004. Tavidla se na základě této normy značila podle úrovně aktivity na:

- Typ R. Je to tavidlo velmi málo aktivní a je složeno z čisté bílé pryskyřice rozpuštěné v lihovém ředidle. Tento typ tavidla je vhodný na dobře pájitelné spoje, zůstávají po něm zbytky nečistot, které není potřeba čistit.
- Typ RMA. Pryskyřičné tavidlo středně aktivované příměsí vhodných organických směsí. Toto tavidlo zanechává zbytky, které jsou všeobecně považovány za netečné, a proto je jejich odstraňování volitelné.
- Typ RA. Tavidlo silně aktivované, které je nutné po pájení kompletně odstranit.

- Typ RSA. Tavidlo velmi silně aktivované. Toto tavidlo není formálně součástí vojenské normy, ale je běžně užíváno dokonce ve větším měřítku, než tavidla typu RA. Podobně jako u typu RA musí být zbytky tohoto tavidla odstraněny, aby nedošlo ke korozi pájených spojů nebo vodivého obrazce.

V České republice se používá několik dělení tavidel. V tabulce 12 je uvedena klasifikace tavidel pro měkké pájení podle normy ČSN EN ISO 9454-1.

Tab. 12. klasifikace tavidel pro měkké pájení dle ČSN EN ISO 9454-1.

Typ tavidla	Zákl. složka	Aktivátor	Forma tavidla
1. Pryskyřicové	1. kalafuna 2. bez kalafuny syntetická pryskyřice	1. bez aktivátoru 2. aktivováno halogenidy 3. aktivováno bez halogenidů	A tekuté B tuhé C pasta
2. Organické	1. rozpustné ve vodě 2. nerozpustné ve vodě	1. bez aktivátoru 2. aktivováno halogenidy 3. aktivováno bez halogenidů	A tekuté B tuhé C pasta
3. Anorganické	1. soli 2. kyseliny 3. zásady	1. NH <sub>4</sub> Cl 2. bez NH <sub>4</sub> Cl 3. kys. fosforečná 4. jiné kyseliny 5. aminy nebo amoniak	A tekuté B tuhé C pasta

Německé normy DIN jsou zřetelnější a podávají bližší určení a charakteristiku jednotlivých tavidel. Rovněž uvádějí nutnost čištění zbytků tavidel po pájení. Klasifikace tavidel podle normy DIN 8511 je uvedena v tabulce 13.

Tab. 13. Klasifikace tavidel dle normy DIN 8511.

Typ	Charakteristika
F-SW	organické bezhalogenidové kyseliny s přírodní pryskyřicí bez aminů
F-SW	syntetické pryskyřice s přírodními aktivátory bez halogenidů a aminů
F-SW	čistá přírodní pryskyřice s organickými aktivátory bez halogenidů a aminů
F-SW	přírodní pryskyřice, nebo modifikovaná přírodní pryskyřice s přísadou organických aktivátorů s halogenidy v max. množství 0,6%

Kontrola korozičnosti zbytků tavidel se provádí podle normy DIN 8516 nebo DIN 8527.



Nejnovější členění tavidel je dle normy ČSN EN 61190-1-1:2002. Tavidla jsou na bázi přírodní (RO) pryskyřice, syntetické (RE), organických kyselin (OR) nebo anorganických látek (IN). Aktivita tavidla i tavidlových zbytků je v normě značena písmeny L (low – nízká), M (medium – střední) a H (high – vysoká). Aktivace halogenidy je značena číslicí 1. Výsledné značení tavidel je potom např. ROL0, ORL1 atd. Členění tavidel dle této normy je uvedeno v tabulce 14.

Tab. 14. Klasifikace tavidel dle normy ČSN EN 61190-1-1:2002.

Základ tavidla	Zkratka	Úroveň aktivace / % halidů /					
		L0 0	L1 do 0,5	M0 0	M1 0,5-2	H0 0	H1 nad 2
přírodní pryskyřice	ROSIN <b>RO</b>	A	B	C	D	E	F
syntetické pryskyřice	RESIN <b>RE</b>	G	H	I	J	K	L
organické kyseliny	ORGANIC <b>OR</b>	M	N	P	Q	R	S
anorganické kyseliny	INORGANIC <b>IR</b>	T	U	V	W	X	Y

### Problémy organických těkavých látek ( VOC )

Hlavní složkou tavidel jsou rozpouštědla na organickém základu obsahující organické těkavé látky (VOC). Tavidla s normálním obsahem VOC (od 60% do 98%) uvolňují při pájení emise, které působí především na ozónovou vrstvu atmosféry a podílí se na tzv. skleníkovém efektu. Současným trendem výrobců tavidel je proto vyvinout kvalitní tavidla s omezeným nebo žádným obsahem VOC (VOC free).

Tab. 15. Porovnání tavidel podle obsahu VOC

Typ	VOC v %	Rozpouštědlo	Typ aktivátoru
Přírodní pryskyřice	15-40	Isopropanol, metanol	Organické kyseliny, aminy hydrochloridu
Na bázi vody	10-25	Isopropanol, metanol, voda	Organické kyseliny, anorganické chloridy
Syntetická pryskyřice	10-20	Isopropanol, metyl etylen	Aminy hydrochloridu
Synteticky aktivované	10-25	Isopropanol, metanol	Aminy hydrochloridu, sulfáty
No-clean	0,5-3	Isopropanol	Organické kyseliny
S nízkým zůstatkem	2-6	Isopropanol	Organické kyseliny
S nízkým obsahem VOC	0,5-3	Voda	Organické kyseliny
bez VOC	0	Voda	Organické kyseliny

## 3.2 Pájecí slitiny

Pájecí slitiny mají za úkol mechanicky fixovat součástku na DPS a současně zajistit její elektrické spojení s vodivým obrazcem. Dále zprostředkovávají odvod ztrátového tepla a plní funkci povrchové úpravy zabraňující oxidaci podkladového materiálu. V současné době lze pájecí slitiny rozdělit do tří základních skupin:

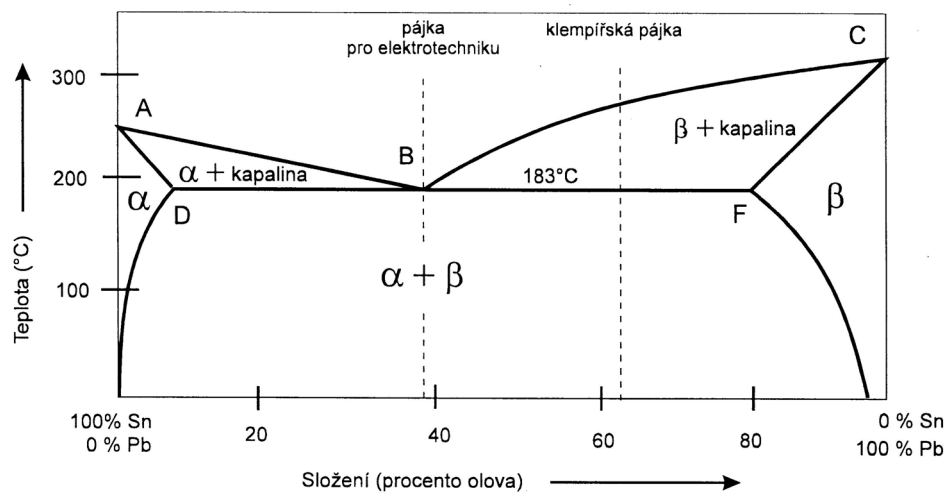
- olovnaté pájky SnPb
- bezolovnaté pájky
- pájecí pasty

Podle legislativy Evropské unie o omezení používání nebezpečných materiálů v elektrickém a elektronickém zařízení (RoHS – Restriction Of the use of certain Hazardous Substances) vstoupil k 1. lednu 2006 v platnost zákon týkající se stažení z vnitřního trhu všech zařízení obsahujících větší množství nebezpečných látek, než je povolené. Mezi tyto nebezpečné látky patří také olovo standardně obsažené v pájkách s olovem. V současné době jsou tedy olovnaté pájky široce nahrazovány bezolovnatými, což s sebou přináší mnoho změn a problémů, ale také značný přínos pro čistotu a zdraví životního prostředí.

### 3.2.1 Pájka SnPb

V elektrotechnické praxi byla nejpoužívanější slitinou pro vytváření pájených elektrických spojů pájka SnPb. V současné době již rychle vytlačována z výrobní technologie novými vyhláškami Evropské unie a dá se očekávat, že se brzy stane historií. Přesto však má ještě v současné době své místo v leteckém a automobilovém průmyslu. Složení této pájky se pohybuje v úzkém pásmu od 60%Sn40%Pb do 65%Sn35%Pb. Uvnitř tohoto pásma se nachází eutektická slitina s poměrem 62%Sn38%Pb. Tato pájka se taví při nejnižší teplotě ze všech slitin cínu a olova, a to při 183°C. Během tuhnutí přechází téměř okamžitě z kapalného skupenství do pevného, kdy je vytvořena jemnozrnná krystalická struktura s dobrými mechanickými vlastnostmi a dobrou elektrickou vodivostí.

Teplotu tuhnutí v závislosti na hmotnostním poměru jednotlivých složek slitiny cínu a olova znázorňuje fázový diagram na obrázku 65.



Obr. 65. Fázový diagram pro slitiny Sn/Pb.

Z fázového diagramu je názorné, že čistý cín má teplotu tání  $232^{\circ}\text{C}$  a olovo  $327^{\circ}\text{C}$ . Teplota tuhnutí slitiny SnPb se pohybuje v rozmezí  $183^{\circ}\text{C}$  až asi  $250^{\circ}\text{C}$ . Slitina cínu a olova je kapalná nad čarou vyznačenou body ABC a tuhá pod čarou ADBFC. V oblastech ABC ( $\alpha$ +kapalina) a BCF ( $\beta$ +kapalina) obsahuje slitina pevnou i kapalnou složku a je „kašovitá“. Při poměru 63%Sn37%Pb na fázovém diagramu bod B má slitina nejnižší bod tání  $183^{\circ}\text{C}$  (tzv. eutektický bod). Během ohřevu přechází slitina přímo z tuhého skupenství do kapalného a naopak při ochlazování přechází slitina z kapalného skupenství do pevného velmi rychle bez kašovitě formy a nemá dostatek času na tvorbu velkých zrn.

### 3.2.2 Bezolovnaté pájky (LFS – Lead Free Solder)

Bezolovnaté pájky byly vyvinuty jako náhrada pájky Sn63Pb37 jednak důvodu nižší toxicity a dále z důvodu pevnosti pájeného spoje. Bezolovnaté pájky s vyšším obsahem cínu vyžadují vyšší pájecí teploty, mají lepší smáčecí charakteristiku, ale také tendenci k rychlejší oxidaci. Specifické vlastnosti bezolovnatých pájecích slitin se uplatní především v dusíkové ochranné atmosféře.

Požadavky na bezolovnaté slitiny:

- kompatibilita s používanými zařízeními a postupy (pájení vlnou, trubičkové pájky pro ruční pájení, pájecí pasty)
- stejné, nebo lepší vlastnosti než pájky s obsahem olova

- teplota tavení >185°C
- minimální rozsah plastického stavu (optimálně 4-15°C)

Bezolovnaté pájky mají odlišné charakteristiky oproti pájkám obsahujícím olovo, především vyšší teplotu tavení.

Typy pájecích slitin:

Slitiny pod 180°C

Tab. 16. Pájecí slitiny pod 180°C.

Slitina	Složení (hm. %)	Rozsah teplot tavení [°C]
Sn-Bi	Sn-58Bi	138 (eutektická)
Sn-In	Sn-52In	118 (eutektická)
	Sn-50In	118-125
Bi-In	Bi-33In	109 (eutektická)

Slitiny 180°C - 200°C

Tab. 17. Pájecí slitiny 180°C - 200°C.

Slitina	Složení (hm. %)	Rozsah teplot tavení [°C]
Sn-Zn	Sn-9Zn	199 (eutektická)
Sn-Bi-Zn	Sn-8Zn-3Bi	189-199
Sn-Bi-In	Sn-20Bi-10In	143-193

Slitiny 200 – 230°C

Tab. 18. Pájecí slitiny 200°C - 230°C.

Slitina	Složení (hm. %)	Rozsah teplot tavení [°C]
Sn-Ag	Sn-3,5Ag	221 (eutektická)
	Sn-2Ag	221-226
Sn-Cu	Sn-0,7Cu	227 (eutektická)
Sn-Ag-Bi	Sn-3,5Ag-3Bi	206-213
	Sn-2Ag-7,5Bi	207-212
Sn-Ag-Cu	Sn-3,8Ag-0,7Cu	217 (eutektická)
Sn-Ag-Cu-Sb	Sn-2Ag-0,8Cu-0,5Sb	216-222

Příměsi In, Zi, Bi a Sb v bezolovnatých pájkách vykazují špatné smáčecí charakteristiky. Některé slitiny vykazují lepší mechanické vlastnosti a charakteristiky tečení.

Nejpoužívanější typy slitin mají teplotu tavení 215 - 220°C (Sn-Ag – typ SA, Sn-Cu – typ SC, Sn-Ag-Cu – typ SAC).

Při přechodu na bezolovnaté pájení se v současné době vyskytují technické problémy, mezi které patří například rozpouštění pájecích van a lopatek čerpadel v pájce způsobené vysokým obsahem cínu v pájce a vysokou teplotou. Z tohoto důvodu je nutné vyrábět součásti pájecích van z materiálů odolných rozpouštění, což přináší nemalé finanční výdaje. V případě ručního pájení způsobuje zvýšená teplota rychlejší oxidaci pájecího hrotu, který koroduje a následně ztrácí schopnost účinného přenosu tepla a udržení pájky. Tento problém účinně řeší použití hrotů s dostatečnou tepelnou kapacitou, jelikož bylo výzkumy společnosti HAKKO Corporation dokázáno, že není nutné zvyšovat teplotu hrotu, ale je nutné dodat potřebné množství tepla.

### 3.2.3 Pájecí pasta

Pájecí pasta je využívána v technologii pájení přetavením. Tato technologie má určité výhody oproti pájení vlnou, především nanesení definovaného množství pájky a tavidla na pájený spoj a reprodukovatelná kvalita spoje. Základem kvalitního pájeného spoje je výběr vhodného typu pájecí pasty v závislosti na způsobu jejího nanášení. Pájecí pastu lze nanášet disperzerem, tiskem přes šablonu nebo sítotiskem. Každá metoda nanášení vyžaduje odlišné složení pájecí pasty.

#### Složení pájecí pasty

Pájecí pasta je homogenní směs pastovité konzistence a skládá se z práškové pájky, gelového tavidla a reologického modifikátoru.

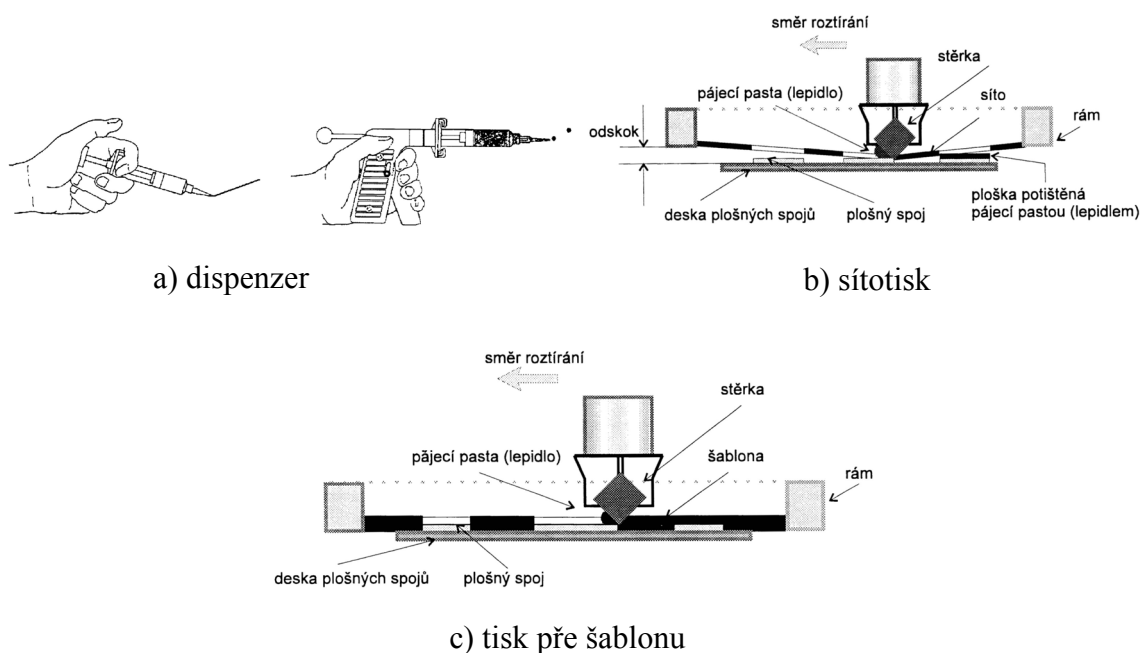
Prášková pájka je charakterizována velikostí a tvarem částic a jejich složením. Tvar částic pájky je vyžadován kulovitý, ale ve většině pájecích past se vyskytuje až 15% elipsoidů a 1% částic jiných tvarů. Velikost částic se pohybuje od 150 mikrometrů do 5 mikrometrů a je závislá na použití pájecí pasty např. pro nenáročné aplikace do rozteče vývodů součástek 0,65mm nebo pro ultra fine pitch aplikace s roztečemi vývodů součástek do 0,3mm. Na velikosti částic pájky v pájecí pastě závisí přímou úměrou také jejich povrchová oxidace. Obsah oxidů se zvyšuje nevhodným skladováním pájecí pasty a také jejím stárnutím. Proto je nutné pájecí pasty skladovat za teploty 2-6°C např. v chladničce po maximální dobu určenou jejím výrobcem. Většinou je však doba použitelnosti pájecí pasty 6-12 měsíců.

Tavidlo obsažené v pájecí pastě urychluje smáčecí proces a pomáhá tak vytvoření kvalitního pájeného spoje. Tavidla se používají pastovitá na základě přírodní pryskyřice (RO), syntetické pryskyřice (RE) nebo organických kyselin (OR) s různou úrovní aktivace. Úroveň aktivace se značí písmenem (L – nízká, M – střední, H – vysoká) a číslicí definující obsah halogenidů, např. L0 – nízká úroveň aktivace bez halogenidů nebo M1 – střední úroveň aktivace s 0,5 – 2% halogenidů (podrobněji viz. tavidla). Tavidlo se ve velké míře podílí na vlastnostech pájecí pasty během jejího nanášení a na výsledné kvalitě pájeného spoje.

Reologický modifikátor obsažený v pájecí pastě má za úkol zachovat viskózně elastické vlastnosti pájecí pasty během jejího zpracování a výsledně ovlivňuje chování pájecí pasty během tisku a po natisknutí, smáčecí charakteristiky a výslednou kvalitu pájeného spoje.

### Nanášení pájecí pasty

Pájecí pasta se nanáší na požadovaná místa DPS sítotiskem, tiskem přes šablonu nebo dispenzerem (dávkovačem). Doba zpracování pájecí pasty udává, jakou dobu má pájecí pasta stabilní viskózní a tiskové vlastnosti a je závislá především na složení pájecí pasty. U současných typů pájecích past je dobrá zpracovatelnost i po 60-90 minutách, kdy pasta vykazuje jen minimální zasychání.



Obr. 66. Způsoby nanášení pájecí pasty.

**Přetavení pájecí pasty**

Přetavení pájecí pasty na desce plošných spojů s osazenými SMD součástkami se provádí v přetavovacím (reflow) tunelu, jehož nejdůležitějším parametrem je jeho teplotní profil, který lze definovat jako závislost teploty v přetavovacím tunelu na čase. Vhodné nastavení teplotního profilu je předpokladem spolehlivých pájených spojů na DPS.

## 4 PÁJENÍ DPS

Pájení je definováno jako proces metalurgického spojování dvou kovů pájkou (třetím roztaveným kovem). Povrchové atomy spojovaného kovu se dostanou do styku s atomy roztavené pájky v takové vzdálenosti, že jsou vytvořeny podmínky pro adhezní (přilnavé) a kohezní (soudržné) síly. Během pájení současně dochází k rozpouštění a difúzi některých prvků spojovaných materiálů. Aby došlo k tomuto procesu, musí být povrchy spojovaných materiálů čisté, musí být zajištěna dobrá pájitelnost a také jejich kompatibilita v pájecím procesu.

Pájení lze rozdělit na měkké a tvrdé podle teploty tavení pájky. Pájení součástek patří do kategorie měkkého pájení s teplotami tavení pájky do 450°C.

### 4.1 Pájitelnost

Pájitelnost je souhrn vlastností udávajících vhodnost pro průmyslové použití. Je v úzkém vztahu se smáčivostí materiálu. Spolehlivost spoje závisí především na pájitelnosti DPS a součástky a volbou použitého tavidla. Spoj je tedy tím kvalitnější, čím lepší smáčivost mají pájené povrchy a čím je povrchové napětí pájených povrchů vyšší. Naproti tomu by mělo být povrchové napětí roztavené pájky co nejnižší.

Smáčitelnost povrchů je definována takto:

- Smáčivý povrch – pájka pokrývá povrch. Čím je povrch hladší, rovnoměrnější a vrstva pájky tenší, tím je proces smáčení kvalitnější.
- Částečně smáčivý povrch – pájka pokrývá povrch nedokonale, objevují se oblasti, kde je povrch smáčivý a kde nikoliv.
- Nesmáčivý povrch – pájka nepokrývá povrch v důsledku jeho pokrytí oxidy nebo použití málo aktivního tavidla.
- Odsmáčivý povrch – pájka povrch smáčí, ale následně na povrchu vytváří kapky pájky.

### 4.2 Pájení měděných povrchů pájkou SnPb

Při pájení měděných povrchů pájkou SnPb nastává difuze (prolínání) mědi do pájky a cínu obsaženého v pájce do mědi. Během tohoto procesu vzniká tzv. intermetalická



(přechodová) vrstva, která má rozdílné chemické, fyzikální i mechanické vlastnosti než spojované materiály. Olovo obsažené v pájce SnPb se tohoto procesu neúčastní.



Obr. 67. Pájený spoj s intermetalickými slitinami.

Intermetalické slitiny se podílí na spolehlivosti pájeného spoje. Pro vlastní spolehlivost pájeného spoje je důležitá velikost krystalů této slitiny a také tloušťka její vrstvy. Přílišná tloušťka intermetalické vrstvy negativně ovlivňuje mechanickou pevnost spoje a je dána především pájecí teplotou a dobou pájení. Proto se doporučuje pájet při teplotě 220-230°C po dobu maximálně 4s. Tloušťka vytvořené intermetalické vrstvy je potom asi 0,5 $\mu$ m.

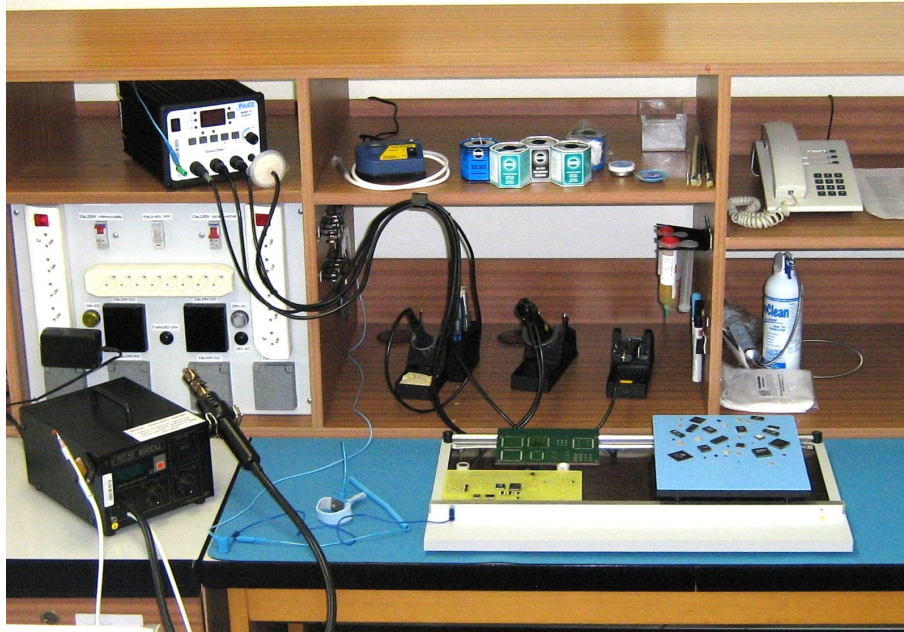
Vlivy některých kontaminujících příměsí na vlastnosti pájeného spoje:

- Al – při zvýšených teplotách se rozpouští v Sn, vede ke zvýšení viskozity pájky, zhoršení adheze a zrnitosti, což má za následek praskání spojů z důvodu křehkosti. **Podporuje oxidaci povrchu pájky.**
- Cu – minimální rozpustnost v tuhé fázi, zhoršuje zrnitost a viskozitu, nutnost zvýšit pracovní teplotu lázně. Kontaminace Cu způsobuje **křehkost**.
- Au - minimální rozpustnost v tuhé fázi, matný vzhled, tvorba strusky, nad 0,2% způsobuje křehkost.
- Sb – 0,3% výrazně zlepšují smáčivost, zvýšení pevnosti, omezení cínového moru. Příměs Sb nezhoršuje vlastnosti pájky.
- Bi – zlepšení smáčecí charakteristiky, při tuhnutí pájky pozitivně působí na změny v krystalové mřížce.

- Cd – slitiny mají nižší teplotu tání, podporuje oxidaci povrchu pájky. **Z důvodu vysoké toxicity nežádoucí.**

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 PRACOVNÍŠTĚ PRO PÁJENÍ SMT



Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit pracoviště pro montáž a demontáž SMD součástek. Toto pracoviště v současné době obsahuje dvě pájecí stanice:

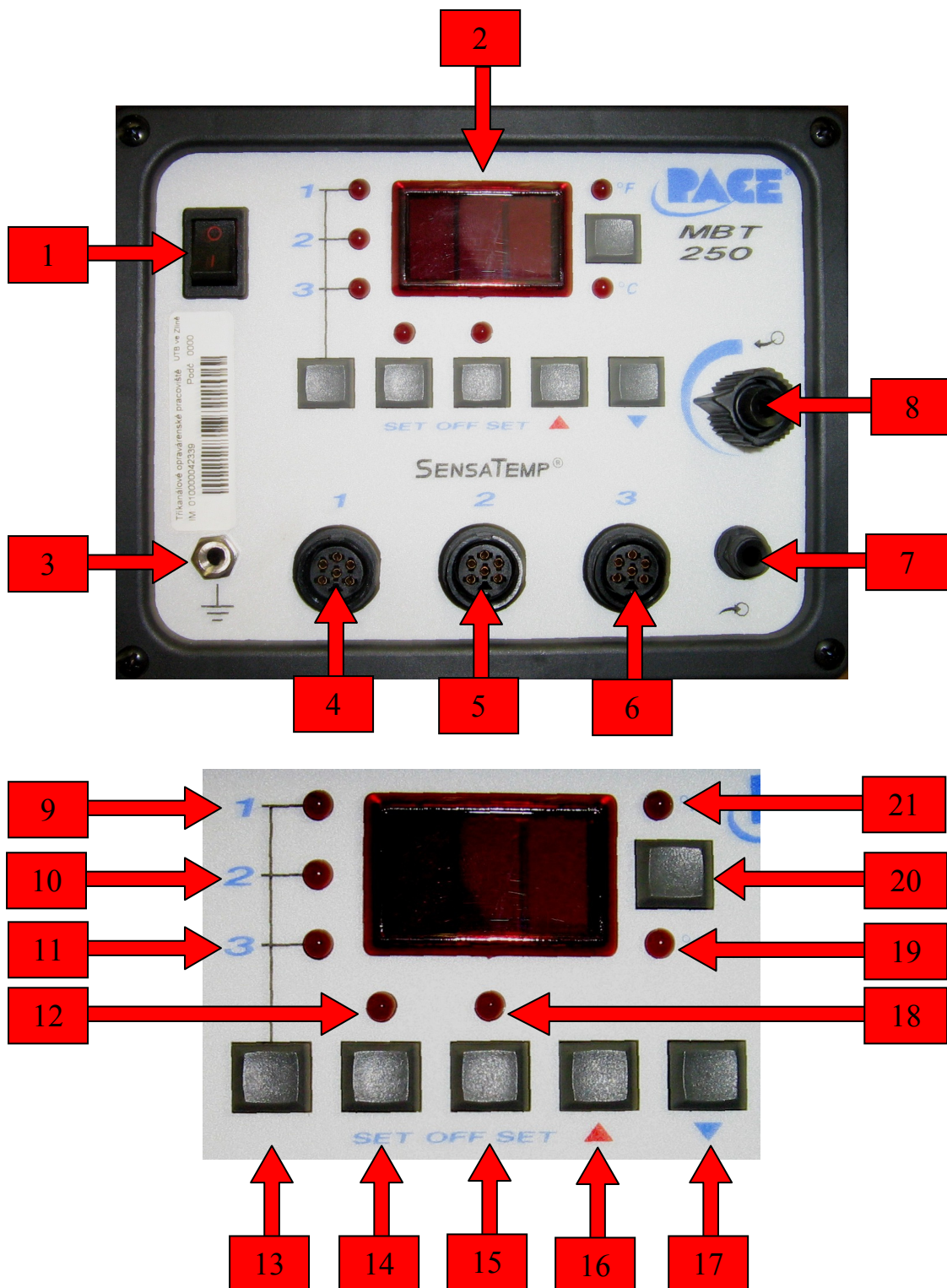
- pájecí stanici amerického výrobce PACE typu MBT 250 pro kompletní servis a opravy DPS se SMD součástkami
- horkovzdušnou stanici SUNKKO 850DU pro montáž a demontáž SMD součástek pomocí horkého vzduchu.

Dalším neméně důležitým vybavením pracoviště je kvalitní a dostatečné osvětlení pracovní plochy, antistatická podložka a pracovní antistatický stolek pro snadnou a bezpečnou manipulaci s SMD součástkami a uchycení osazované DPS.

### 5.1 Pájecí stanice PACE MBT 250

Pájecí stanice od celosvětově známého výrobce pájecích zařízení PACE. Tato stanice disponuje třemi kanály, na které je možné připojit standardně dodávané kontaktní vyhřívané nástroje. Díky vývěvě je také možné připojit odsávačku pájky. Tato pájecí stanice má digitální nastavování požadované teploty a moderní regulaci teploty pájecího hrotu.

Popis ovládacího panelu



Obr. 68. Přední panel pájecí stanice PACE

1. Hlavní vypínač
2. 3-místný LED displej
3. Zemní bod pro použití antistatických pomůcek
4. Konektor 1. kanálu pro připojení vyhřívaného nástroje
5. Konektor 2. kanálu pro připojení vyhřívaného nástroje
6. Konektor 3. kanálu pro připojení vyhřívaného nástroje
7. Vstup vzduchu do kompresoru – tvorba vakua
8. Výstup vzduchu z kompresoru
9. LED 1. kanálu
10. LED 2. kanálu
11. LED 3. kanálu
12. SET LED – indikace nastavovacího režimu teploty hrotu/nástavce
13. Tlačítko volby kanálu
14. Tlačítko SET – nastavení teploty hrotu
15. Tlačítko OFF SET – nastavení offsetu teploty hrotu/nástavce
16. Tlačítko „nahoru“ – zvyšování požadované teploty
17. Tlačítko „dolů“ – snižování požadované teploty
18. OFF SET LED – indikace režimu nastavení offsetu teploty
19. LED °C – indikace zobrazení teploty na displeji ve °C
20. Tlačítko °C/°F – volba režimu zobrazení teploty na displeji
21. LED °F – indikace zobrazení teploty na displeji ve °F

### **Ovládání a funkce přístroje**

Pokud používáme antistatické ochrany, připojíme svorku **(3)**. Používáme-li nástroj vyžadující vakuum (odsávačka), připojíme zakončení jeho tlakové hadice do vakuum portu **(7)**. Používáme-li nástroj vyžadující tlakový vzduch (horkovzdušné pero), připojíme zakončení jeho tlakové hadice na výstup kompresoru **(8)**.

Pájecí stanici zapneme hlavním vypínačem **(1)** na přední stěně přístroje. Následně se rozsvítí červená dioda indikující parametrizaci prvního aktivního kanálu **(9)** se současným zobrazováním aktuální teploty tohoto kanálu na displeji **(2)**. Jestliže nebude aktivní žádný z kanálů, na displeji se zobrazí „E-1“ a bude svítit červená LED u prvního kanálu. Pokud již některý z kanálů měl před vypnutím pájecí stanice v minulosti nastavenou teplotu nebo offset, tato teplota zůstala zachována v paměti přístroje.

Pro nastavení teploty, případně offsetu teploty příslušného nástroje a pro zobrazení jeho aktuální teploty je nutné pomocí tlačítka **(13)** zvolit kanál, na kterém je tento nástroj připojen. Opakovanými stisky tlačítka **(13)** periodicky vybíráme kanály 1-3.

Po vybrání kanálu máme možností tlačítkem „SET“ **(14)** přejít do režimu zadávání teploty příslušného nástroje. Na displeji je nyní zobrazena požadovaná teplota nástroje. Režim zadávání teploty nástroje indikuje červená LED **(12)**. Teplotu nastavíme tlačítky „nahoru“ **(16)** nebo „dolů“ **(17)**. Držíme-li stisknuté jedno z tlačítek „nahoru“ nebo „dolů“, teplota zobrazovaná na displeji **(2)** se mění nejprve po 1°C, dosáhne-li měněná teplota celé desítky, mění se po 10°C. Zadání požadované teploty potvrdíme opětovným stiskem tlačítka „SET“ **(14)**. Teplota příslušného nástroje se začne okamžitě regulovat na nově nastavenou teplotu.

Vyžaduje-li použití specifického hrotu nebo nástavce zadání offsetu teploty, dostaneme se do tohoto režimu stiskem tlačítka „OFF SET“ **(15)**. Režim zadávání offsetu teploty indikuje červená LED **(18)**. Teplotu nastavíme opět tlačítky „nahoru“ **(16)** nebo „dolů“ **(17)** a potvrdíme ji stiskem tlačítka „OFF SET“ **(15)**.

Přepínání mezi režimy zobrazení teploty na displeji je možné tlačítkem **(20)**. Režim zobrazení displeje ve °C indikuje červená LED **(21)** u níž je údaj „°C“, zobrazení displeje ve °F indikuje červená LED **(19)** u níž je údaj „°F“.





























Pájecí stanice má z důvodu úspory energie a prodloužení životnosti vyhřívaných nástrojů funkci automatického nebo manuálního snížení teploty hrotu/nástavce na přednastavenou teplotu. Manuální snížení teploty nástrojů na vybraném kanálu se provádí stiskem tlačítka

„dolů“ (17) + „nahoru“ (16) a následným uvolněním obou tlačítek. Indikační LED bude nyní u tohoto kanálu, který je v režimu snížené teploty blikat každé 2 sekundy.

Opuštění režimu snížené teploty je možné několika způsoby. Doporučeným způsobem je stisk tlačítek „dolů“ (17) + „nahoru“ (16) a uvolnění obou tlačítek. Dalším způsobem je vypnutí a zapnutí pájecí stanice, kdy přednastavené teploty a offsety zůstanou zachovány. Třetím způsobem je odpojení nástroje od příslušného kanálu. Po jeho opětovném připojení je opuštěn režim snížené teploty, přednastavená teplota zůstala, ale offset teploty se nastavil na implicitní hodnotu 3°C.

Pro přehlednou orientaci v ovládání pájecí stanice slouží tabulka 19.

Tab. 19. Schématické zobrazení ovládání pájecí stanice PACE.

AKCE	PROCEDURA
Výběr aktuálního kanálu	Stisk tlačítka  
Změna zobrazení displeje °C / °F	Stisk tlačítka  
Nastavení konstanty offsetu teploty	Stisk tlačítka     nebo   
Nastavení požadované teploty hrotu/nástavce	Stisk tlačítka     nebo   
Aktivace režimu snížené teploty	STISKNOU A DRŽET  +   UVOLNIT PO 1 SEKUNDĚ  + 
Deaktivace režimu snížené teploty	STISKNOU A DRŽET  +   UVOLNIT PO 1 SEKUNDĚ  + 



Pájecí stanice umožňuje také svoji kalibraci v režimu kalibrace (na displeji „CAL“).

V tomto režimu je možno:

- Změnit horní a dolní teplotní limit pro každý kanál.
- Nastavit výchozí formát zobrazované teploty °C / °F.
- Zapnout nebo vypnout funkci automatické snížení teploty / automatického vypnutí kanálů.
- Kalibrovat pájecí stanici a zajistit tak optimální funkčnost pomocí kalibračního kitu.

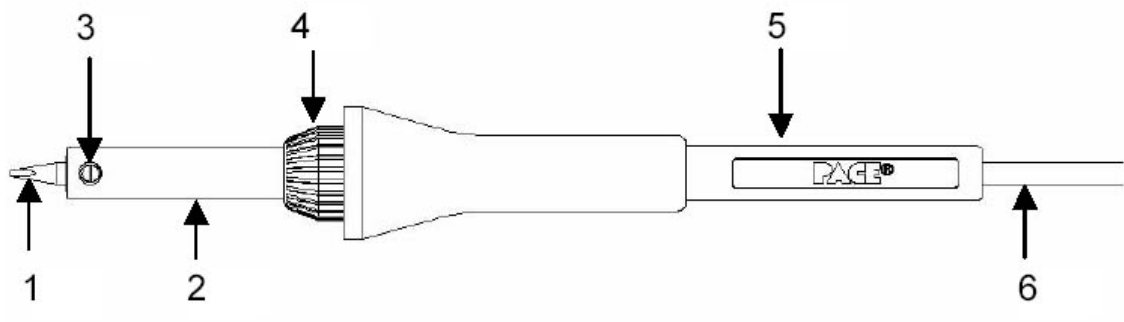
Podrobnější informace o kalibraci pájecí stanice viz. použitá literatura [6].

## 5.2 Kontaktní vyhřívané nástroje

### 5.2.1 Pájecí pero PS-90

Pájecí pero pro široké použití určené pro montáž a demontáž SMD součástek. Jeho funkce je předurčena použitým pájecím hrotem.

#### Popis pájecího pera PS-90



Obr. 69. Pájecí pero PS-90.

1. Pájecí hrot
2. Topné těleso
3. Upevňovací šroub
4. Úchytná matice topného tělesa
5. Rukojeť
6. Napájecí kabel

### Instalace pájecího hrotu

Pro maximální produktivitu a správné zarovnání je doporučeno instalovat pájecí hroty do pájecího pera, když je topné těleso horké.

#### Upozornění:

**Pro zabránění popálení nebo poranění je doporučeno vždy držet pájecí pero topným tělesem vzhůru !**

- 1) Vhodný pájecí hrot aktuálně potřebný k práci vyjmeme ze skladovací dutinky na stojanu a položíme jej na přehledné a snadno dostupné místo.
- 2) Plochým šroubovákem uvolníme upevňovací šroub pájecího hrotu na topném tělese.
- 3) Speciální pinzetou se silikonovým ochranným povlakem vyjmeme horký pájecí hrot a uložíme jej do skladovací dutinky uvolněné v kroku 1).
- 4) Pomocí pinzety vložíme připravený hrot do topného tělesa.
- 5) S citem dotáhneme upevňovací šroub na topném tělese a fixujeme tak pájecí hrot proti vypadnutí.
- 6) Po ustálení teploty můžeme pokračovat v práci.

#### Pro toto pájecí pero je na pracovišti k dispozici několik typů pájecích hrotů:

0357 – Kónický 1/64“ (0,4 mm)

0336 – Kónický 1/32“ (0,8 mm)

0414 – Dláto (vysoká tepelná kapacita) 1/16“ (1,6 mm)

0337 – Dláto 1/8“ (3,2 mm)

0608 – Minivlna 3,3 mm

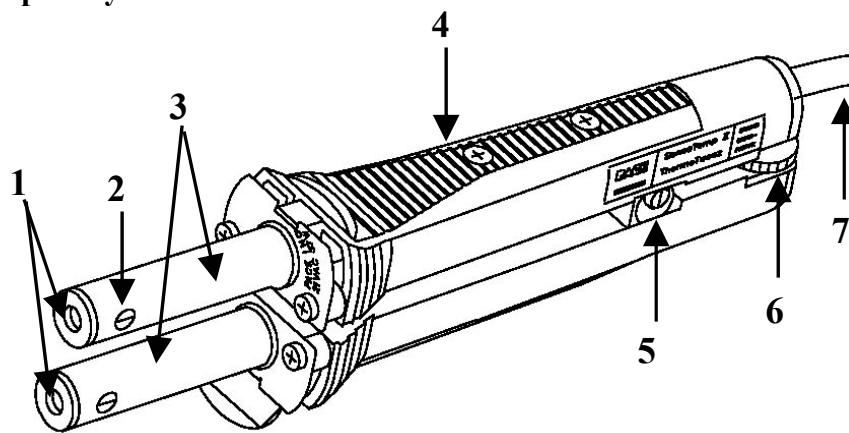
0648 – Zahnutá minivlna 2,4 mm pro jemné rozteče

Pro kvalitní přenos tepla z pájecího hrotu do pájeného místa a jeho maximální životnost je nutné pájecí hroty udržovat čisté bez oxidů a zbytků tavidel.

### 5.2.2 Termopinzeta TT-65

Termopinzeta určená pro demontáž SMD prvků. Poskytuje bezpečnou demontáž „jednou rukou“ širokého spektra SMD prvků jako PLCC, LCCC, SOIC, PQFP, BQFP, SMT konektorů a čipových součástek v řádech sekund. Relativně nízká teplota termopinzety a její vysoká tepelná kapacita zabezpečuje rychlou a snadnou demontáž i rozměrnějších prvků. Funkce termopinzety je určena použitými nastavci.

#### Popis termopinzety TT-65



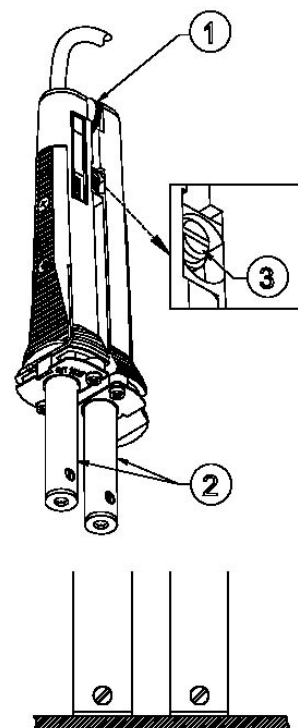
Obr. 70. Termopinzeta TT-65

1. Otvory určené pro instalaci nástavce
2. Upevňovací šroub nástavce
3. Topné tělesa
4. Rukojeť
5. Upevňovací šroub topných těles
6. Nastavovací šroub rovnoběžnosti topných těles
7. Napájecí kabel

### Kalibrace termopinzety

Pro efektivní funkčnost termopinzety je nutné vzájemné přesné srovnání topných těles vůči sobě. Postup kalibrace (obr. 71) je uveden v několika krocích:

- 1) Odstraníme všechny instalované nástavce.
- 2) Topná tělesa (2) termopinzety za normální pokojové teploty srovnáme pomocí nastavovacího šroubu (1) tak, aby byla rovnoběžně (paralelně). Zakončení topných těles přiložíme na rovnou pevnou podložku. Pokud oba konce topných těles přesně dosedají na podložku, není mezi nimi výškový rozdíl a v kalibraci není nutné pokračovat.
- 3) Uvolníme upevňovací šroub (3) o ½ otáčky.
- 4) Držíme termopinzetu ve vertikální poloze (topnými tělesy dolů), obě topná tělesa umístíme na pevnou rovnou podložku a lehce je tlačíme směrem dolů tak, aby došlo ke vzájemnému výškovému srovnání obou topných těles.
- 5) Opět vrátíme upevňovací šroub (3) do původní polohy.



Obr. 71. Kalibrace termopinzety TT-65.

### Teplota nástavce

Termopinzeta přenáší efektivně teplo kontaktem a obvykle dovoluje demontáž SMD prvků za relativně nízké teploty v rozmezí 288 – 343°C. Teploty nástavců a jednotlivé časy pro demontáž jsou proměnné pro specifický typ aplikace. Výrobce doporučena teplota nástavce, vyhovující většině požadavků, je 315°C. S praxí však může být většina komponentů demontována při nižších teplotách. Nižší teplota topného tělesa a nástavce prodlužuje jejich životnost a zabraňuje možnému poškození DPS.

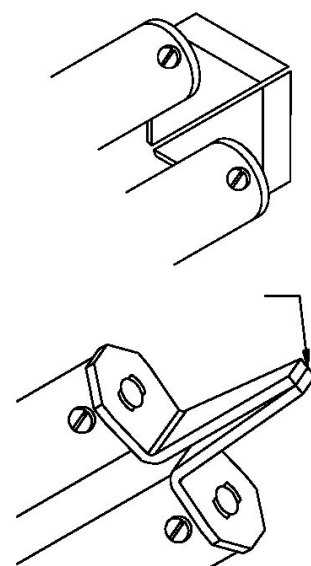
## Výměna nástavců

Následující postup je určen pro instalaci nástavce. Pokud již je nějaký nástavec instalován v termopinzetě, je nutné jej odinstalovat a topná tělesa je vhodné následně očistit 3/16“ drátěným kartáčem.

- 1) Nástavce by měly být instalovány, když jsou topná tělesa horká. Proto je nutné zapnout pájecí stanici a nastavit teplotu kanálu napájecího termopinzetu na 315°C.
- 2) Vybereme vhodný nástavec pro určenou aplikaci.
- 3) Každý nástavec pro termopinzetu se skládá ze dvou identických polovin. Termopinzetu, u které máme nastavenou požadovanou teplotu, držíme konci topných těles vzhůru. Úplně zasuneme první polovinu nástavce do jednoho topného tělesa a druhou polovinu nástavce do druhého topného tělesa.
- 4) Pro srovnání obou polovin nástavce lze použít tři metody podle jejich velikosti a typu. Nástavec by však měl být zbaven veškeré ulpívající pájky, která by znesnadňovala jeho srovnání. Následující 3 procedury popisují správnou instalaci nástavců:

### a) nástavce určené pro malé PLCC (bez slotů) a čipové komponenty

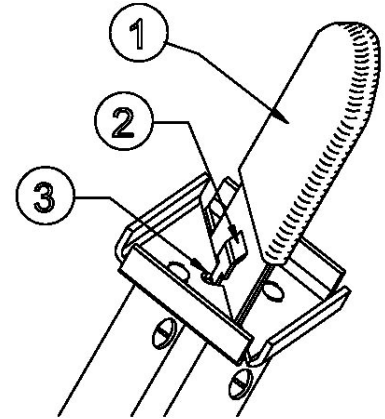
- 1) Umístíme obě poloviny nástavce tak, jak je uvedeno na obr. 72.
- 2) Stiskneme termopinzetu tak, aby se konce obou polovin nástavce dotýkaly.
- 3) Termopinzetu držíme stisknutou a nastavíme konce obou polovin nástavce tak, aby byly vzájemně vycentrované.
- 4) Jemně dotáhneme fixační šrouby na topných tělesech proti vypadnutí nástavce.



Obr. 72. Centrování malých nástavců.

b) **nástavce určené pro větší PLCC pouzdra (se slotem): nástavce pro větší PLCC pouzdra (44 a více vývodů) mají na každé své polovině malý slot uprostřed úhlopříčkové strany**

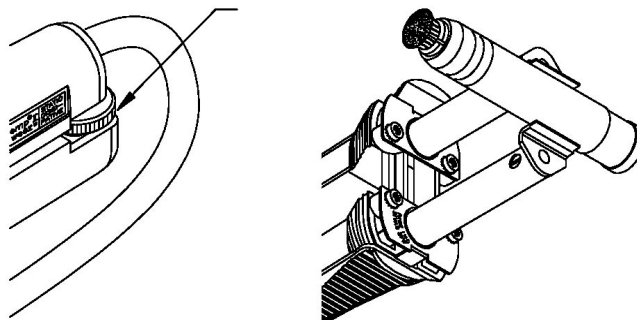
- 1) Když jsou obě poloviny nástavce orientovány tak, jak je uvedeno na obr. 73, vložíme mezi ně nástroj pro centrování nástavce (1) centrovacími výstupky (2) do obou slotů na nástavci (3).
- 2) Stiskneme termopinzetu tak, aby centrovací nástroj (1) byl těsně sevřený mezi oběma polovinami nástavce.
- 3) Plochým šroubovákem opatrně dotáhneme šrouby na obou topných tělesech, aby byl nástavec fixován proti vypadnutí.



Obr. 73. Centrování nástavců pro PLCC pouzdra.

c) **nástavce pro pouzdra SOIC, SOJ/SIMMS a konektory pro povrchovou montáž**

- 1) Umístíme obě poloviny nástavce tak, jak je uvedeno na obr. 74.
- 2) Otáčením nastavovacího šroubu na zadní části termopinzety zvětšíme rozestup mezi oběma polovinami nástavce do takové míry, aby bylo možné mezi ně vložit čisticí tužku se skelnou tkaninou nebo houbou.



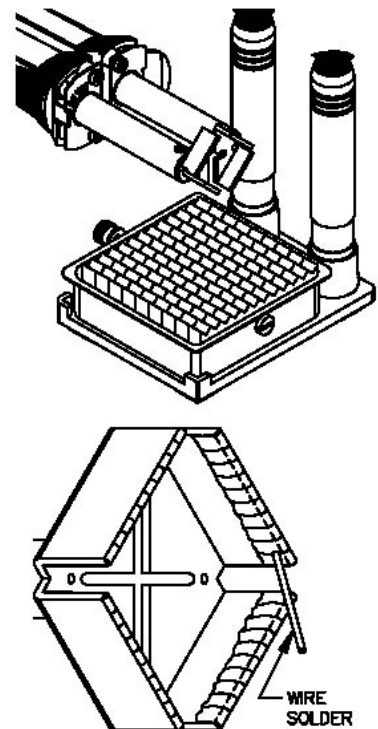
Obr. 74. Centrování nástavce pro pouzdra SOIC/SIMMS

- 3) Umístíme čisticí tužku mezi obě poloviny nástavce tak, jak je uvedeno na obr. 74.
- 4) Stiskneme termopinzetu tak, aby konce nástavce pevně dosedaly na čisticí tužku.
- 5) Plochým šroubovákem opatrně dotáhneme šrouby na obou topných tělesech, aby byl nástavec fixován proti vypadnutí.

### Příprava nástavce

Příprava nástavce (obr. 75) je procedura, která se provádí před demontáží každého komponentu a před uložením termopinzety do odkládacího stojanu. Správná příprava zajišťuje optimální výsledky a prodlužuje životnost nástavce.

- 1) Ujistíme se, že instalovaný nástavec dosáhl požadované teploty.
- 2) Použijeme čisticí tužku se skelnou tkaninou na odstranění strusky a přebytku pájky z vnitřních ploch nástavce. Je doporučeno umístit nástavec nad navlhčenou houbu ve stojanu pro zachycení strusky a pájky odstraňované s nástavce.
- 3) Vnitřní plochy nástavce setřeme pomocí čisticí tužky s navlhčenou houbou, nebo nástavec setřeme pomocí houby umístěné ve stojanu.
- 4) Použijeme trubičkovou pájku většího průměru k pocínování všech vnitřních ploch nástavce.



Obr. 75. Příprava a údržba nástavce.

### 5.2.3 Odsávačka SX-80

Odsávačka SX-80 poskytuje možnost demontáže komponentů na DPS s průchozími otvory i v několikvrstevném provedení. Odsávačka je charakterizovaná velkým a snadno vyměnitelným zásobníkem na odsávanou pájku. Dále umožňuje bezpečnou demontáž TQFP a TSOP pouzder pro povrchovou montáž a kontinuální odstraňování pájky z pájecích plošek na DPS.

#### **Upozornění:**

**Vždy vracejte nepoužívané horké nástroje do příslušných stojanů ! V opačném případě může dojít k popálení pracovníka, zařízení nebo pracovních ploch. Mohou být potenciálním zdrojem požáru, pokud jsou v jejich blízkosti hořlavé materiály !**

**Vždy používejte toto pájecí pero ve velmi dobře ventilované místnosti, aby se zamezilo vdechování výparů tavidel.**

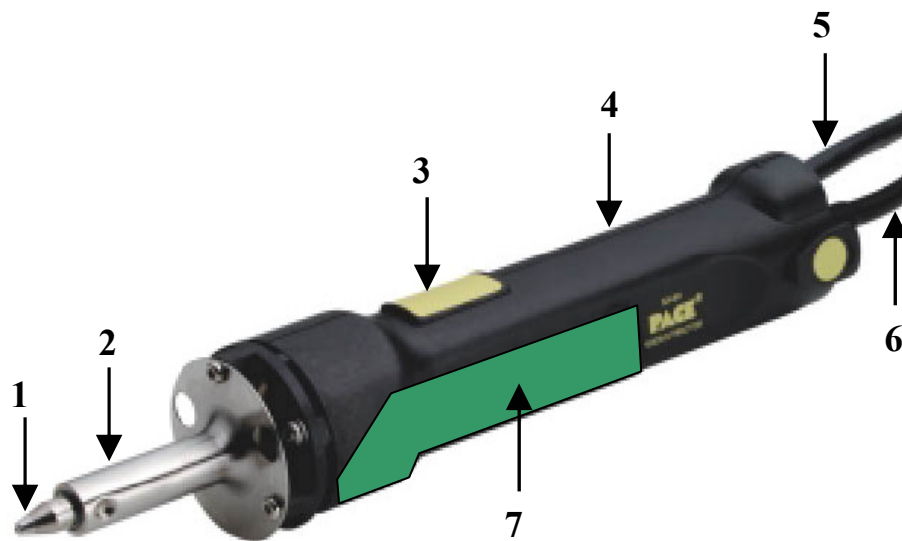
#### **Poznámka:**

**Vždy používejte odsávačku SX-80 s čistícím filtrem. Zabráníte tak poklesu výkonu, nebo poškození kompresoru.**

**Vyberte a nastavte správnou teplotu hrotu na napájecím zdroji.**

**Pro prodloužení životnosti pájecího hrotu a zamezení jeho poškození je doporučeno nastavit co nejnižší teplotu, která zajistí rychlé a kontrolovatelné tavení pájky a její následné odsávání. Je doporučeno začít s nastavenou teplotou pájecího hrotu 315°C a poté podle potřeby ji upravit.**



**Popis odsávačky SX-80**

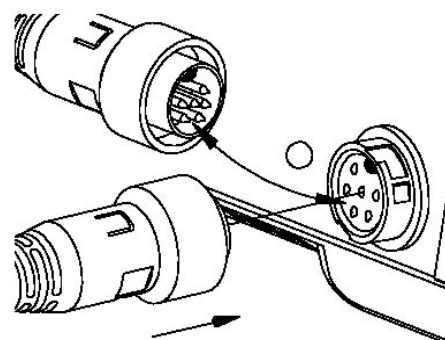
Obr. 76. Odsávačka SX-80.

1. Odsávací hrot
2. Topné těleso
3. Spínač odsávání
4. Tělo odsávačky
5. Napájecí kabel
6. Vzduchová hadice
7. Zásobník na odsátou pájku a tavidla

**Připojení napájecího kabelu**

Připojení napájecí vidlice do zásuvky napájecího zdroje se provádí následujícím způsobem.

- 1) Vycentrujeme vodící kolík na napájecí vidlici se slotem v zásuvce napájecího zdroje.
- 2) Zasuneme vidlici do zásuvky.
- 3) Otočíme aretačním šroubem po směru hodinových ručiček a fixujeme tak vidlici



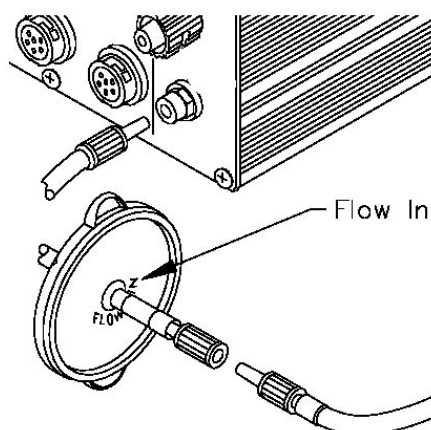
Obr. 77. Připojení napájecího kabelu.

proti nechtěnému vytažení.

### Připojení vzduchové hadice

Připojení vzduchové hadice odsávačky SX-80 je uvedeno v následujících krocích:

1. Připojení vzduchové hadice do pájecího pera (obr. 78)
  - a) nasuneme jeden konec 137 cm dlouhé hadice na kovovou koncovku v zadní části pájecího pera.
  - b) vytvoříme souběžné vedení vzduchové hadice a napájecího kabelu použitím sponek. Umístíme je rovnoměrně po celé délce kabelu s počátečním bodem cca 15 cm od konce pájecího pera.
2. Příprava filtru se provádí následujícím způsobem:
  - a) Připojíme 2,5 cm dlouhou hadici z čírého PVC na „FLOW OUT“ stranu čistícího filtru; tlačíme hadici na koncovku za současného otáčení.
  - b) Na volný konec 2,5 cm PVC hadice připojíme žebrovanou vidlici pro rychlé připojení do zásuvky kompresoru.
  - c) Volný konec 137 cm dlouhé hadice připojíme na stranu „FLOW IN“ čistícího filtru.
  - d) Vidlici vsuneme do zásuvky „Vacuum Port“ kompresoru.



Obr. 78. Připojení vzduchové hadice.

**Poznámka:**

**Když vyjímáte jakoukoliv hadici, táhněte a točte. Nevytahujte hadici pouze tahem, protože hrozí nebezpečí zlomení koncovek nebo poškození čistícího filtru. Odsávačku SX-80 používejte výhradně s čistícím filtrem „VisiFilter“, zamezíte tak poškození nebo zničení kompresoru.**

**Výběr pájecího hrotu**

Pro odsávačku SX-80 jsou k dispozici 3 typy pájecích hrotů / nástavců:

1. **Endura Desoldering Tips** – tyto hroty jsou pocínované a poskytují vysoký výkon při demontáži z několikavrstvých DPS.
2. **Endura Pik-Tips** – poskytují bezpečnou demontáž pouzder PQFP a SOIC.
3. **Endura Flo-D-Sodr-Tips** – tyto hroty poskytují rychlé a kontinuální odstranění staré nebo přebytečné pájky z pájecích plošek na DPS.

Důležitá je volba velikosti hrotu / nástavce. Pro demontáž prvků v průchozích otvorech volte hrot s větším průměrem otvoru, než je průměr přívodu součástky. Tak zabráníte možnému poškození substrátu DPS. V případě demontáže pouzder TQFP nebo SOIC by měl mít Pik-Tip nástavec takovou velikost, aby jeho plochy byly v kontaktu se všemi vývody demontované součástky.

**Instalace hrotu**

Pro maximální výkon a správné zarovnání instalujte hroty když je topné těleso horké a je instalován zásobník na odpadní tavidlo a pájku.

**Upozornění:**

**Držte pájecí pero topným tělesem vzhůru, předejdete tak poranění.**

1. Úplně zasuňte hrot do otvoru v topném tělese za pomoci pinzety se silikonovým povlakem.
2. Opatrně dotáhněte šroub na topném tělese.
3. Pravidelně kontrolujte šroub na topném tělese a ujistěte se, že není povoleno.

**Poznámka:**

**Pravidelně čistěte dutinu topného tělesa drátěným kartáčem vhodné velikosti, aby se zajistil optimální přenos tepla a uzemnění hrotu.**

**Nastavení teploty**

Pro zabezpečení životnosti hrotu a snížení rizika poškození DPS je doporučeno použít takovou nejnižší teplotu, která zajistí rychlé a kontrolovatelné tavení pájky a její následné odsávání. Výrobce je doporučeno začít na teplotě 315°C a v případě nutnosti teplotu upravit. Teplota nad 399°C může způsobit poškození pájecího pera. Pro bezpečnou demontáž mohou některé prvky v komplikovaných sestavách vyžadovat přehřev, nebo pomocné zahřívání.

**Čištění hrotu**

Během odpájení nebo kontinuálního odsávání na DPS se zbytky tavidel nebo jiných látek může dojít k ucpání hrotu. Pokud se tak stane, je nutné hrot vyčistit za pomoci rovného a pružného drátu.

**Výměna plného zásobníku na odpadní tavidlo a pájku**

Během používání odsávačky SX-80 se zásobník plní odpadní pájkou a tavidlem, póry ve vzduchovém filtru se zužují a zabraňují tak volnému průchodu proudu vzduchu. Toto má za následek snížení výkonu celého systému. Odsávačka SX-80 obsahuje papírový zásobník, který její údržbu zrychluje a zjednodušuje. Pravidelnou výměnou tohoto zásobníku zajistíte maximální výkon odsávačky. Výměna zásobníku je popsána v následujících krocích:

- 1) Držte odsávačku SX-80 hrotem od sebe skloněným směrem dolů. Palcem a ukazováčkem druhé ruky povytáhněte aretační čep o cca 0,5 cm a otočte jím na levou nebo pravou stranu o cca 10° tak, aby zůstal fixovaný ve vytažené pozici (odemčený). Kryt i se zásobníkem lze nyní vyjmout z tělesa odsávačky jeho jednoduchým odklopením a vytažením směrem k sobě.

- 2) Kryt odsávačky i s použitým zásobníkem držíme v dlani jedné ruky a druhou rukou použitý zásobník vyjmeme z krytu jeho vytažením. Nový zásobník zasuneme na místo, kde byl původně starý a dbáme při tom na správnou orientaci zásobníku – stranu se zaoblením směřujeme blíže odsávacímu hrotu.
- 3) Celý proces dokončíme zasunutím krytu do těla odsávačky. Přesvědčíme se, je-li kryt správně směřován a jeho postranní prohlubně dosedají. Nyní vrátíme aretační čep zpět do uzamčené polohy jeho otočením.
- 4) Přesvědčíme se, zda kryt drží pevně na svém místě a pokusíme se jej povytáhnout. Nyní by měl pevně držet na svém místě.
- 5) Zkontrolujeme všechny koncovky vzduchové hadice. Uvedeme do chodu vakuum a ujistíme se, zda je přítomno na odsávacím hrotu.
- 6) Nyní můžeme pokračovat v práci, nebo odsávačku uložíme do stojanu.

#### **5.2.4 Příprava a údržba hrotů / nástavců kontaktních vyhřívaných nástrojů**

Správná příprava a údržba hrotů / nástavců přispívá k lepším výsledkům práce a příznivě působí na životnost hrotu / nástavce. Údržba hrotu / nástavce zahrnuje pravidelné čištění a pocínování jeho každé plochy.

#### **Správná příprava a údržba hrotu / nástavce je velmi důležitá.**

Správná péče o hrot / nástavec nám dává možnost vysokého přenosu tepla při nejnižší možné teplotě hrotu / nástavce. Současně snižujeme riziko poškození DPS a jejich pájecích plošek. Výsledkem naší péče bude vysoká kvalita nových nebo opravovaných sestav a současně maximální životnost použitých hrotů / nástavců.

#### **Čištění / pocínování hrotu**

Očištěním a pocínováním hrotu jej zbavíme oxidů, čímž zvýšíme přenos tepla do pájeného místa. Celý proces je popsán v následujících krocích:

1. Hrot / nástavec nainstalujeme do kontaktního vyhřívaného nástroje (pájecí pero PS-90, odsávačka SX-80 nebo termopinzeta TT-65). Hrot necháme zahřát na teplotu 315°C.

2. Veškeré zbytky zoxidované pájky a tavidla z hrotu / nástavce odstraníme setřením pomocí čistící tužky s navlhčenou houbou. Čistící tužka s navlhčenou houbou a tužka se skelnými vlákny by měly být použity vždy pro odstranění přebytečné nebo zoxidované pájky a zbytků tavidel.
3. Použijeme trubičkovou pájku většího průměru a pocínujeme hrot / nástavec následujícím způsobem:
  - a) Pájecí hroty – každou plochu pájecího hrotu pocínujeme malým množstvím pájky. Přebytečné množství pájky setřeme ( kromě pájecího hrotu „minivlna“ ).
  - b) Nástavce pro demontáž integrovaných obvodů a pájecí hrot „horký nůž“ – trubičkovou pájkou pocínujeme spodní stranu nástavce / hrotu po celé jeho délce.
  - c) Nástavce pro demontáž čipových součástek a součástek v pouzdrech SOT – přiměřené množství pájky nanese na vnitřní plochy zakončení hrotu.
4. Kontaktní vyhřívaný nástroj uložíme do příslušného stojanu.

### **„Renovace“ hrotu / nástavce**

Hroty / nástavce „renovujeme“ v cínové lázni. Ta odstraní i ty nejtěžší formy oxidů z povrchu hrotu / nástavce, což standardní procedura cínování nezaručí.

#### **Postup:**

1. Teplotu cínovací lázně nastavíme na 315°C.
2. Hrot / nástavec, který má být pocínován, nainstalujeme do příslušného kontaktního vyhřívaného nástroje. Jeho teplotu na pájecí stanici nastavíme na 315°C.
3. Zakončení hrotu / nástavce ponoříme do tavidla a následně do roztavené cínové lázně.
4. Nakonec hrot / nástavec vytáhneme z cínové lázně.

**Několik rad pro používání tavidel**

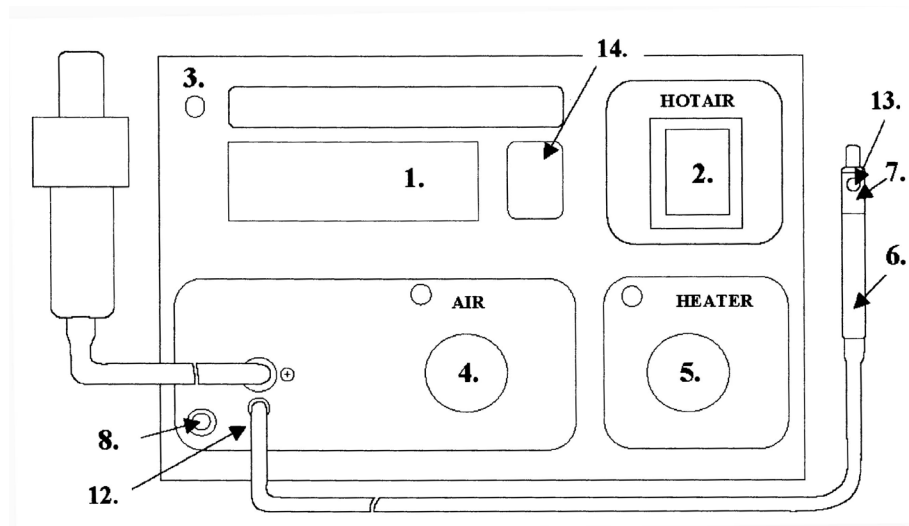
Používání středně aktivovaných RESIN tavidel použitých při demontáži a montáži SMD prvků odstraňuje oxidy ze zahřívaných oblastí a zvyšuje přenos tepla mezi hrotem / nástavcem a pájecím bodem. Současně může být použita nižší teplota, která má pozitivní vliv na delší životnost hrotu / nástavce a zmenšuje riziko poškození DPS.

Tavidla nevyžadující čištění po pájení ( tzv. No-clean ) nebo tavidla na vodní bázi jsou více korozivní a mají nepříznivý vliv na životnost hrotu / nástavce. Ve většině případů bude předpokládaná životnost hrotu / nástavce při používání No-clean tavidel až poloviční oproti používání standardních RESIN tavidel.

### 5.3 Horkovzdušná pájecí stanice SUNKKO 850 DU

Pájecí stanice SUNKKO je vybavena digitální regulací žádané teploty. Ta je také zobrazována na 3-místném LED displeji. Součástí této pájecí stanice je také vakuová pinzeta pro snadnou manipulaci se SMD součástkami.

#### Ovládání a funkce přístroje



Obr. 79. Ovládací panel horkovzdušné stanice SUNKKO.

Přístroj zapneme hlavním vypínačem „MAIN SWITCH“ umístěným na zadní stěně přístroje. Vpředu se rozsvítí zelená indikace (3) vlevo vedle displeje a uvede se do činnosti vakuový motor. V této fázi je možno samostatně využívat vakuovou pinzetu. Horkovzdušné pero se zapíná spínačem „HOT AIR“ (2), umístěným v pravé části předního panelu. Během několika sekund po zapnutí se uvede do chodu topení a zdroj vzduchu, displej (1) ukazuje aktuální teplotu horkého vzduchu. Regulačními prvky „HEATER“ (5) a „AIR“ (4) nastavíme požadovanou teplotu a intenzitu foukání. Pokud je třeba změnit teplotu ohřevu, stiskneme tlačítko „SET DATA“ (14) (bliká červená LED) a nastavíme požadovanou teplotu. Po uvolnění tlačítka nastaví regulace požadovanou teplotu. Dosažení nastavené teploty je indikováno blikáním červeného světla u regulačního prvku pro nastavení teploty „HEATER“. Pokud fouká horký vzduch, svítí kontrolka u „AIR“.

Při vypnutí horkovzdušného pera spínačem „HOT AIR“ dojde k vypnutí topení, na plný výkon se spustí foukání vzduchu a displej ukazuje aktuální teplotu chladnutí. Po dosažení



cca 80°C elektronika vypíná displej a foukání. Elektronika systému a vakuový motor se vypíná hlavním vypínačem „MAIN SWITCH“ na zadní stěně.

## Práce s přístrojem

### Vakuová pinzeta

Vakuovou pinzetu je možno používat samostatně. Slouží k manipulaci se součástkami SMD, hlavně rozměrnějšími pouzdry, pokud je potřebujeme odstranit, případně vložit při horkovzdušném procesu. Zapínání a vypínání vakua při manipulaci se děje uzavíráním připouštěcího otvoru na tělese pinzety prstem.

Hadičku tělíska pinzety nasadíme na přívod (12) vakuového motorku. Na konec tělíska v blízkosti otvoru nasadíme jehlu vhodného průměru. Tím je přístroj připraven k použití.

Ukazováčkem ucpeme připouštěcí otvor (13) a součástka se podtlakem přisaje na konec jehly. Po přemístění na příslušné místo otvor uvolníme a součástka se „pustí“. Pro uchopení těžších předmětů doporučujeme použít přísavku. Přísavku bez tlaku položíme na součástku, kterou zvedneme. Přísavka odolává krátkodobě teplotám 250 °C.

Vakuum je možno mít trvale zapnuto, v tom případě je třeba uzavřít otvor v tělese pinzety otočením plastové části (7) s otvorem.

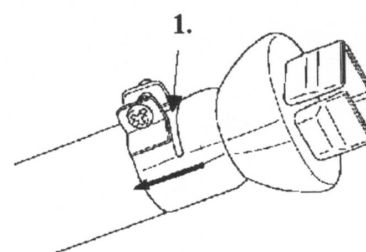


Obr. 80. Práce s vakuovou pinzetou.

### Horkovzdušná stanice

Horkovzdušné pero se skládá s řídicí elektronikou, zdroje horkého vzduchu a horkovzdušného pera, na který se nasazují speciální nástavce.

Na hlavici horkovzdušného pera nasadíme příslušný nástavec a s citem dotáhneme šroub (obr. 81).



Obr. 81. Instalace nástavce na horkovzdušné pero.

Intenzitu foukání je možno snížit neúplným nasazením nástavce na horkovzdušné pero, tak aby nebyl zakryt otvor **(1)** u stahovacího profilu. Nastavíme požadovanou teplotu a intenzitu foukání.

**Upozornění:**

**Nenechávejte zapnuté horkovzdušné pero blízko hořlavých materiálů.**

**Pokud je zařízení zapnuté (svítí zelená LED dioda ), nenechávejte je bez dozoru.**

**Nevystavujte topnou hlavici horkovzdušného pera otřesům a vniknutí cizího tělesa do systému, udržujte ji v čistotě.**

**Vakuovou pinzetou nenasávejte kapaliny a práškové materiály, neboť hrozí nebezpečí úrazu a poškození vakuového motorku.**

**Pokud nebudete horkovzdušné pero delší dobu používat, stáhněte teplotu na minimum a foukání na maximum, šetříte tím topné těleso a nástavce.**

## 6 RUČNÍ TVORBA SESTAV V SMT A JEJICH OPRAVY

V této kapitole jsou popsány základní technologické postupy montáže a demontáže SMD součástek na DPS. Jelikož k montáži i demontáži součástek lze použít ve většině případů více postupů, budou zde všechny uvedeny.

### 6.1 Demontáž SMD součástek

#### 6.1.1 Demontáž čipových součástek

- Pomocí pájecího pera PS-90

#### P O S T U P

1. Začneme nastavením teploty nástavce 315°C a konstanty offsetu teploty pro použitý hrot ( viz. příloha P I ).
2. Pomocí pinzety se silikonovým povlakem nainstalujeme hrot pro demontáž čipových součástek.

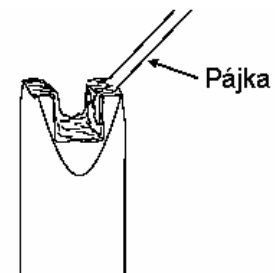
3. Aplikujeme tavidlo na všechny pájecí body a plošky.



*Aplikace tavidla*

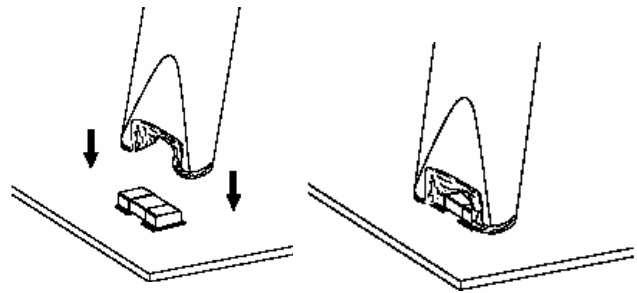
4. Odstraníme starou pájku z hrotu pomocí čistící tužky se skelnými vlákny.
5. Hrot setřeme čistící tužkou s navlhčenou houbou.

6. Naneseme pájku do vnitřní části zakončení hrotu.



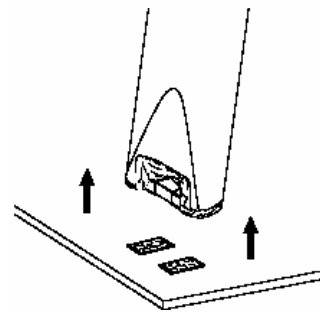
*Pocínování hrotu*

7. Hrot umístíme na součástku tak, aby demontovaná součástka byla uvnitř pocínované dutiny hrotu.



*Přiložení hrotu*

8. Za cca 2 sekundy by měla být veškerá pájka roztavena a v tomto okamžiku lze součástku zvednout z DPS.



*Zvednutí součástky*

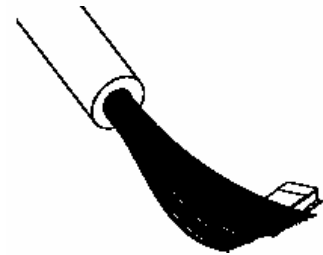
9. Součástku uvolníme setřením hrotu (např. pomocí čistící tužky s navlhčenou houbou) na nehořlavou podložku.
10. Znovu pocínujeme hrot a dle potřeby pokračujeme v demontáži dalších součástek, nebo odložíme pájecí pero do svého stojanu.

- **Pomocí termopinzety TT-65**

**P O S T U P**

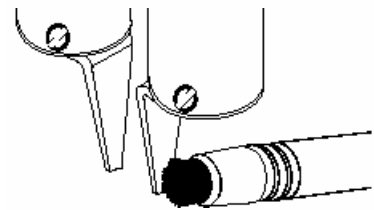
1. Začneme nastavením teploty nástavce 315°C.
2. Na pájecí stanici nastavíme konstantu offsetu teploty pro použitý typ nástavce ( viz. příloha P I ).
3. Nainstalujeme a vycentrujeme obě poloviny nástavce v termopinzetě.

4. Aplikujeme tavidlo na kovové zakončení součástky a na její pájecí plošky.



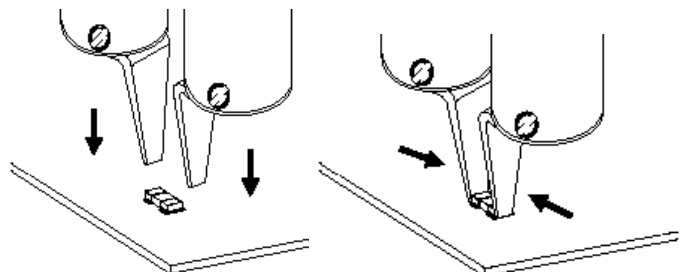
*Aplikace tavidla*

5. Pomocí čistící tužky se skelnými vlákny pečlivě očistíme obě poloviny nástavce od veškerých zbytků.



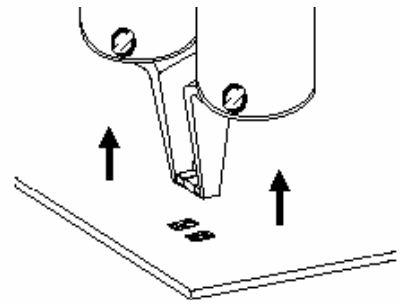
*Očištění nástavce*

6. Oběma konci nástavce jemně uchopíme součástku tak, aby byly v kontaktu se všemi pájecími plochami.



*Umístění nástavce*

7. Za cca 2 sekundy by měla být veškerá pájka roztavena a v tomto okamžiku lze součástku zvednout z DPS.



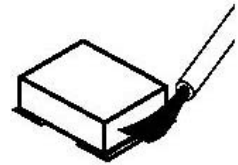
*Zvednutí součástky*

8. Součástku položíme na nehořlavou podložku.
9. Pokračujeme demontáží dalších součástek nebo odložíme termopinzetu do stojanu.

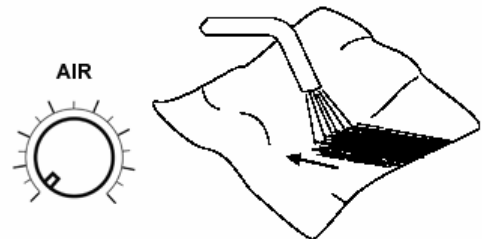
- **Pomocí horkovzdušné stanice SUNKKO****P O S T U P**

1. Začneme nastavením teploty topného tělesa na 425°C. Podle potřeby ji můžeme upravit.

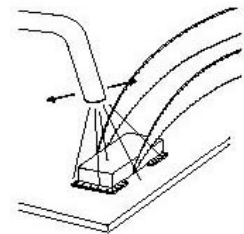
2. Aplikujeme tavidlo na kovové zakončení součástky a na její pájecí plošky.

*Aplikace tavidla*

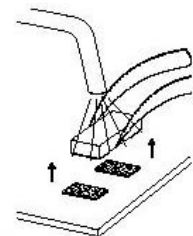
3. Na pájecí stanici zvyšujeme průtok vzduchu od minima až do takové míry, kdy papír ve vzdálenosti 0,5 cm od trysky začne černat.

*Nastavení množství vzduchu*

4. Ze vzdálenosti trysky 0,5 cm od demontované součástky začneme zahřívat její pájecí body.

*Přehřev součástky*

5. Ujistíme se, že pájka je již v tekutém stavu a součástku zvedneme z DPS.

*Zvednutí součástky*

6. Součástku umístíme na nehořlavou podložku.
7. Pokračujeme demontáží další součástky, nebo odložíme horkovzdušné pero do stojanu na pájecí stanici.

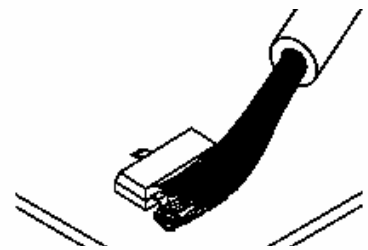
### 6.1.2 Demontáž pouzder SOT

- Pomocí pájecího pera PS-90

#### POSTUP

1. Začneme nastavením teploty nástavce 315°C a konstanty offsetu teploty pro použitý hrot ( viz. příloha P I ).
2. Pomocí pinzety se silikonovým povlakem nainstalujeme hrot pro demontáž pouzder SOT.

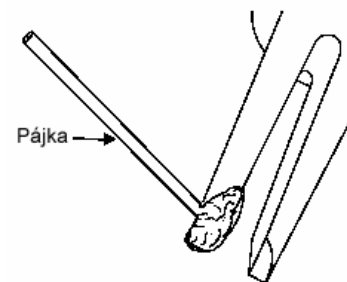
3. Aplikujeme tavidlo na všechny pájecí body a plošky.



*Aplikace tavidla*

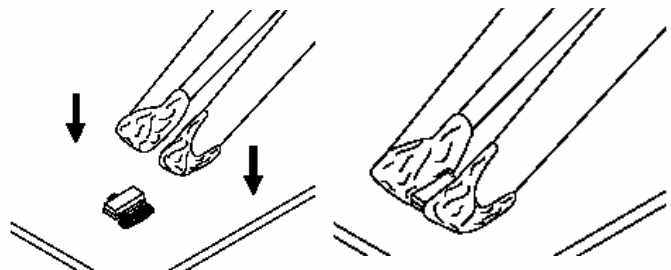
4. Odstraníme starou pájku z hrotu pomocí čistící tužky se skelnými vlákny.
5. Hrot setřeme čistící tužkou s navlhčenou houbou.

6. Pájkou pocínujeme zakončení hrotu.



*Pocínování nástavce*

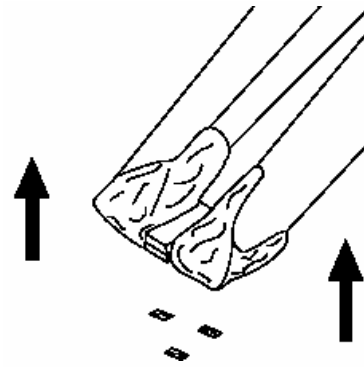
7. Hrot umístíme na součástku tak, aby demontovaná součástka byla uvnitř pocínované dutiny hrotu.



*Umístění nástavce*



8. Za cca 2 sekundy by měla být veškerá pájka roztavena a v tomto okamžiku lze součástku zvednout z DPS.



*Zvednutí součástky*

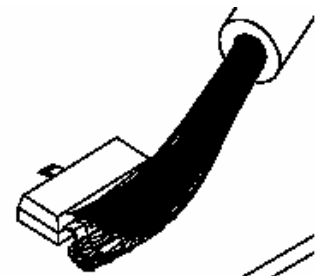
9. Součástku uvolníme setřením hrotu na nehořlavou podložku.
10. Znovu pocínujeme hrot a dle potřeby pokračujeme v demontáži dalších součástek, nebo odložíme pájecí pero do stojanu.

## - Pomocí termopinzety TT-65

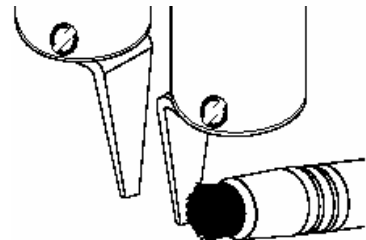
**POSTUP**

1. Začneme nastavením teploty nástavce 315°C.
2. Na pájecí stanici nastavíme konstantu offsetu teploty pro použitý typ nástavce ( viz. příloha P I ).
3. Nainstalujeme a vycentrujeme obě poloviny nástavce v termopinzetě.

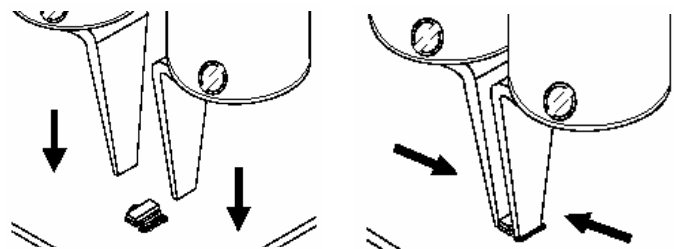
4. Aplikujeme tavidlo na kovové zakončení součástky a na její pájecí plošky.

*Aplikace tavidla*

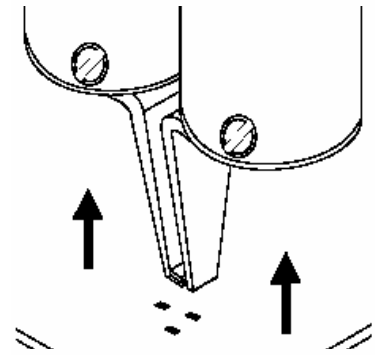
5. Pomocí čistící tužky se skelnými vlákny pečlivě očistíme obě poloviny nástavce od veškerých zbytků.

*Očištění nástavce*

6. Oběma konci nástavce jemně uchopíme součástku tak, aby byly v kontaktu se všemi pájecími plochami.

*Umístění nástavce*

7. Za cca 2 sekundy by měla být veškerá pájka roztavena a v tomto okamžiku lze součástku zvednout z DPS.



*Zvednutí součástky*

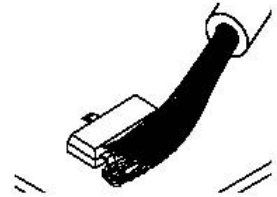
8. Součástku položíme na nehořlavou podložku.

- **Pomocí horkovzdušné stanice SUNKKO**

**P O S T U P**

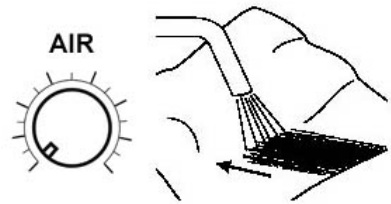
1. Začneme nastavením teploty topného tělesa na 425°C. Podle potřeby ji můžeme upravit.

2. Aplikujeme tavidlo na kovové zakončení součástky a na její pájecí plošky.



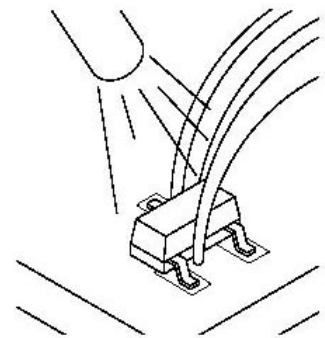
*Aplikace tavidla*

3. Na pájecí stanici zvyšujeme průtok vzduchu od minima až do takové míry, kdy papír ve vzdálenosti 0,5 cm od trysky začne černat.



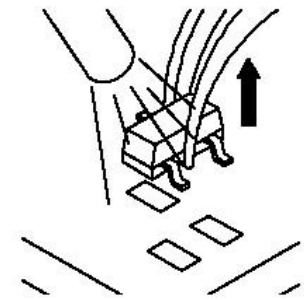
*Nastavení množství vzduchu*

4. Ze vzdálenosti trysky 0,5 cm od demontované součástky začneme zahřívat její pájecí body.



*Předehřev součástky*

- Ujistíme se, že pájka je již v tekutém stavu a součástku zvedneme z DPS.



*Zvednutí součástky*

- Součástku umístíme na nehořlavou podložku.
- Pokračujeme demontáží další součástky, nebo odložíme horkovzdušné pero do stojanu na pájecí stanici.

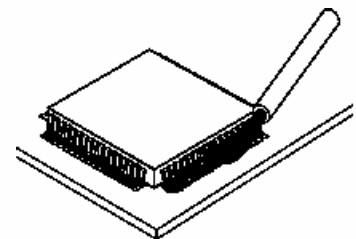
### 6.1.3 Demontáž pouzder PLCC

#### - Pomocí termopinzety TT-65

#### P O S T U P

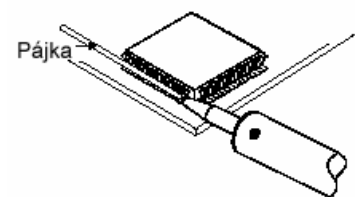
1. Začneme nastavením teploty nástavce 315°C.
2. Na pájecí stanici nastavíme konstantu offsetu teploty pro použitý nástavec ( viz. příloha P I ).
3. Nainstalujeme a vycentrujeme obě poloviny nástavce termopinzety pro odpájení PLCC pouzder. S výhodou můžeme použít přípravek pro centrování nástavců.
4. Nyní máme na výběr ze tří možností:

- a) vývody součástky a její pájecí plošky potřeme tavidlem.



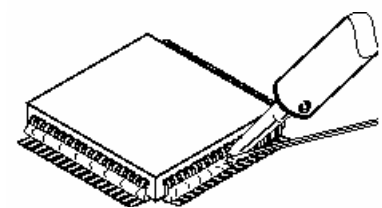
*Aplikace tavidla*

- b) Pájecím perem s kónickým pájecím hrotem 1/16“ připájíme jeden konec drátu trubičkové pájky k vývodu součástky v jednom z jejích rohů. Drát trubičkové pájky ovineme kolem všech stran součástky. Trubičkovou pájku zakončíme pomocí pájecího pera na posledním vývodu součástky.



*Ovinutí trub. pájkou*

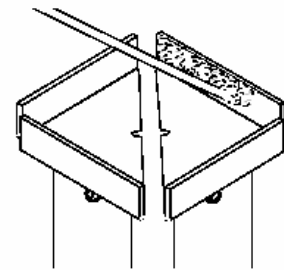
- c) Použitím ručního pájecího pera s nainstalovaným hrotem minivlny vytvoříme můstek, spojující všechny vývody součástky.



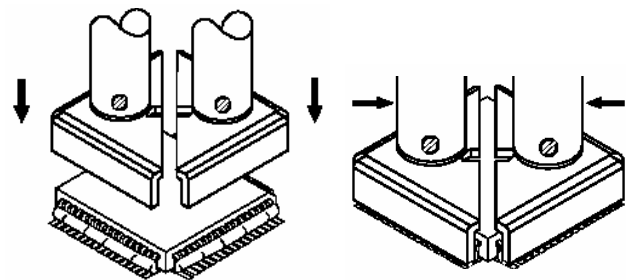
*Vytvoření můstku*

5. Odstraníme starou pájku s nástavce použitím čistící tužky se skelnými vlákny.
6. Pomocí čistící tužky s navlhčenou houbou setřeme s nástavce zbylé nečistoty.

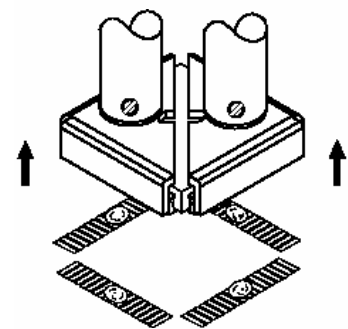
7. Pájkou pocínujeme vnitřní plochy nástavce.

*Pocínování nástavce*

8. Nástavec přiložíme na součástku a stiskneme termopinzetu.

*Umístění nástavce*

9. Za několik sekund by měla být pájka roztavena. To můžeme zjistit lehkým tahem za součástku, nebo pokusem o její pootočení. Až se součástka od DPS „pustí“, zvedneme ji nad DPS a položíme na nehořlavou podložku.

*Zvednutí součástky*

10. Znovu pocínujeme nástavec a dle potřeby pokračujeme demontáží další součástky, nebo odložíme termopinzetu do stojanu.

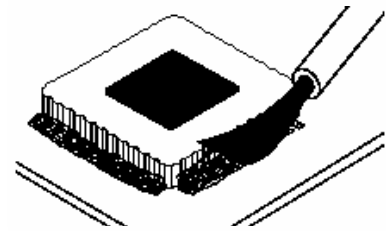
### 6.1.4 Demontáž pouzder LCCC

- Pomocí termopinzety TT-65

#### POSTUP

1. Začneme nastavením teploty nástavce 315°C a offsetu teploty pro použitý nástavec ( viz. příloha P I ).
2. Nainstalujeme a vycentrujeme obě poloviny nástavce pro odpájení LCCC pouzder.

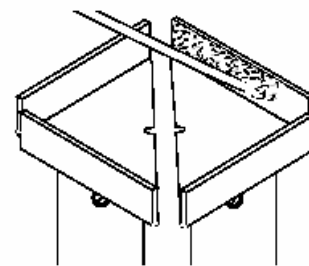
3. Vývody součástky a její pájecí plošky potřeme tavidlem.



*Aplikace tavidla*

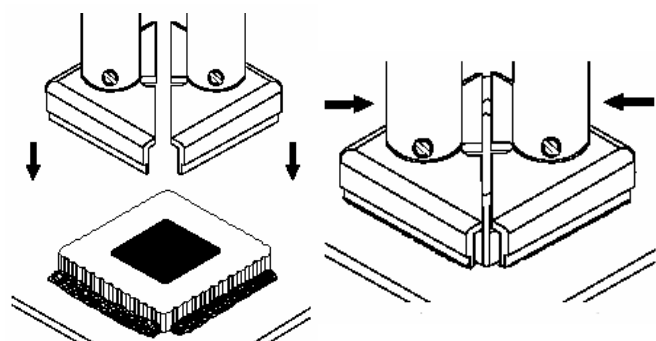
4. Odstraníme starou pájku s nástavce použitím čistící tužky se skelnými vlákny.
5. Pomocí čistící tužky s navlhčenou houbou setřeme s nástavce zbylé nečistoty.

6. Pájkou pocínujeme vnitřní plochy nástavce.



*Pocínování nástavce*

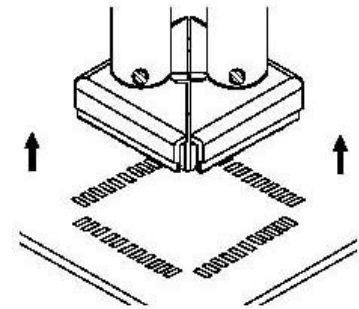
7. Oběma konci nástavce uchopíme součástku tak, aby oba konce byly v kontaktu se všemi vývody součástky.



*Umístění nástavce*



8. Za několik sekund by měla být pájka roztavena. To můžeme zjistit lehkým tahem za součástku, nebo pokusem o její pootočení. Až se součástka od DPS „pustí“, zvedneme ji nad DPS a položíme na nehořlavou podložku.



*Zvednutí součástky*

9. Součástku položíme na nehořlavou podložku.

### 6.1.5 Demontáž pouzder SOIC

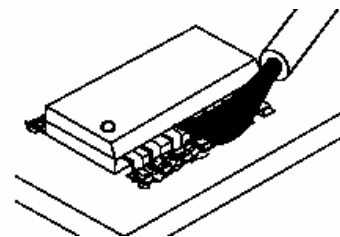
#### - Pomocí pájecího pera PS-90

#### POSTUP

1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C a konstantu offsetu teploty pro použitý hrot/nástavec ( viz. příloha P I ).

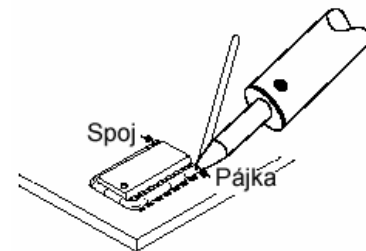
2. Nyní máme na výběr pokračovat třemi způsoby:

a) Vývody součástky a její pájecí plošky potřeme tavidlem.



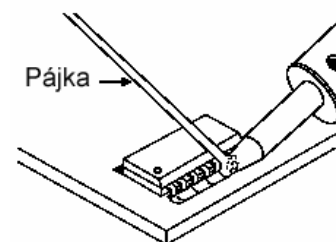
*Aplikace tavidla*

b) Pájecím perem s kónickým pájecím hrotem 1/16“ připájíme konec drátu trubičkové pájky k vývodu součástky v jednom z jejích rohů. Drát trubičkové pájky ovineme kolem všech stran součástky. Trubičkovou pájku zakončíme pomocí pájecího pera na posledním vývodu součástky.



*Ovinutí trub. pájkou*

c) Použitím ručního pájecího pera s nainstalovaným hrotem minivlny vytvoříme můstek, spojující všechny vývody součástky.



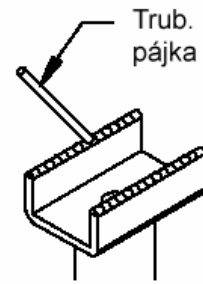
*Vytvoření můstku*

3. Pomocí pinzety se silikonovým povlakem nainstalujeme nástavec pro demontáž pouzder SOIC. Na pájecí stanici nastavíme offset teploty podle konkrétního typu ( viz. příloha P I ).

4. Odstraníme starou pájku z hrotu pomocí čistící tužky se skelnými vlákny.

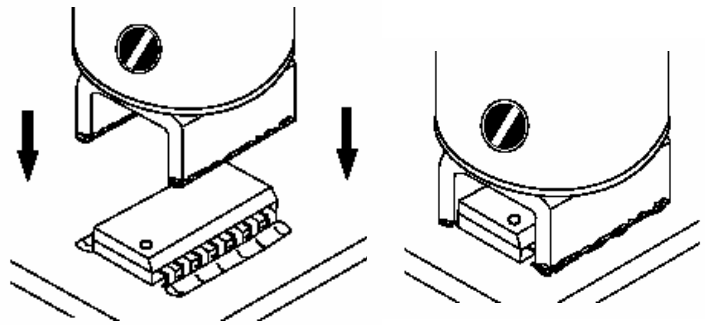
5. Hrot setřeme čistící tužkou s navlhčenou houbou.

6. Trubičkovou pájkou pocínujeme spodní a vnitřní plochy nástavce.



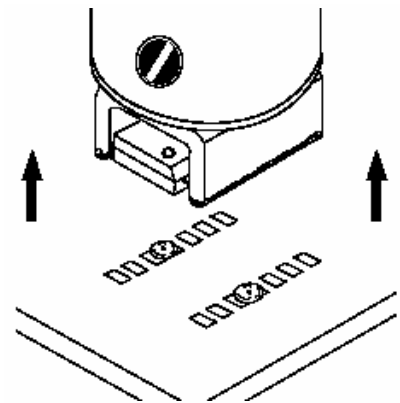
*Pocínování nástavce*

7. Nástavec shora přiložíme na součástku tak, aby jeho spodní plochy úplně přiléhaly na vývody součástky.



*Umístění nástavce*

8. Za cca 2 sekundy by měla být veškerá pájka roztavena a v tomto okamžiku lze součástku zvednout z DPS.



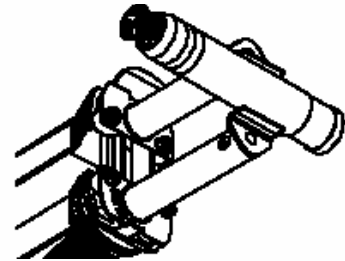
*Zvednutí součástky*

- **Pomocí termopinzety TT-65**

**P O S T U P**

1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C a konstantu offsetu teploty pro použitý nástavec ( viz. příloha P I ).

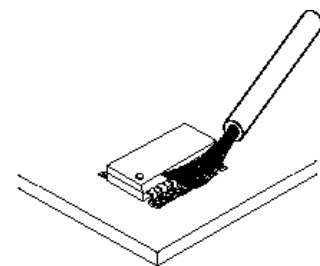
2. Nainstalujeme a vycentrujeme obě poloviny nástavce termopinzety pro demontáž PLCC pouzder. S výhodou můžeme použít přípravek pro centrování nástavců.



*Vycentrování nástavce*

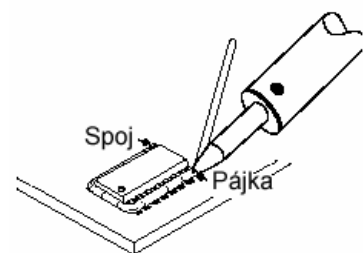
3. Nyní máme na výběr ze tří možností:

a) vývody součástky a její pájecí plošky potřeme tavidlem.



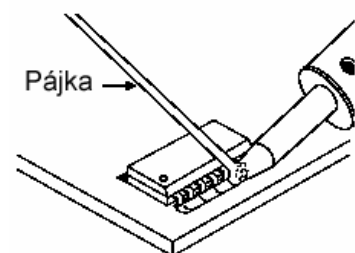
*Aplikace tavidla*

b) Pájecím perem s kónickým pájecím hrotem 1/16“ připájíme jeden konec drátu trubičkové pájky k vývodu součástky v jednom z jejích rohů. Drát trubičkové pájky ovineme kolem všech stran součástky. Trubičkovou pájku zakončíme pomocí pájecího pera na posledním vývodu součástky.



*Ovinutí trub. pájkou*

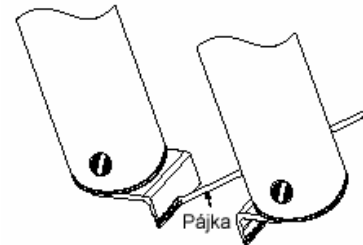
c) Použitím ručního pájecího pera s nainstalovaným hrotem minivlny vytvoříme můstek, spojující všechny vývody součástky.



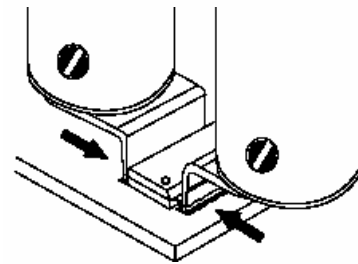
*Vytvoření můstku*

4. Odstraníme starou pájku s nástavce použitím čistící tužky se skelnými vlákny.
5. Pomocí čistící tužky s navlhčenou houbou setřeme s nástavce zbylé nečistoty.

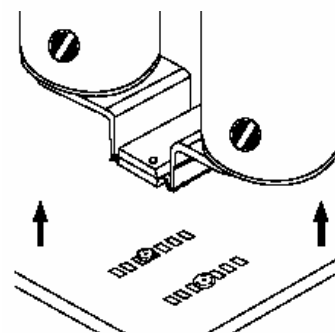
6. Pájkou pocínujeme vnitřní plochy nástavce.

*Pocínování nástavce*

7. Nástavec přiložíme na součástku a stiskneme termopinzetu.

*Umístění nástavce*

8. Za několik sekund by měla být pájka roztavena. To můžeme zjistit lehkým tahem za součástku, nebo pokusem o její pootočení. Až se součástka od DPS „pustí“, zvedneme ji nad DPS a položíme na nehořlavou podložku.

*Zvednutí součástky*

9. Znovu pocínujeme nástavec a dle potřeby pokračujeme demontáží další součástky, nebo odložíme termopinzetu do stojanu.

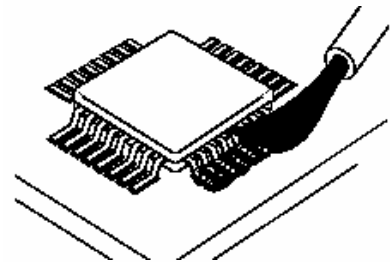
### 6.1.6 Demontáž pouzder QFP

- Pomocí pájecího pera PS-90

#### POSTUP

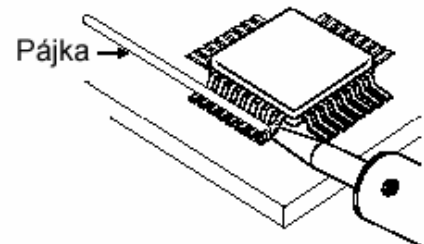
1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C.
2. Nyní můžeme pokračovat třemi způsoby:

- a) Vývody součástky a její pájecí plošky potřeme tavidlem.



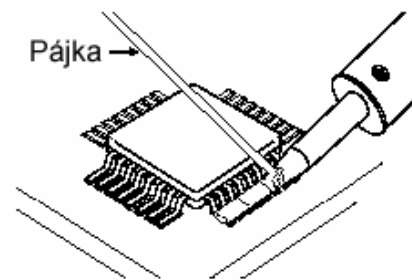
*Aplikace tavidla*

- b) Pájecím perem s kónickým pájecím hrotem 1/16“ připájíme konec drátu trubičkové pájky k vývodu součástky v jednom z jejích rohů. Drát trubičkové pájky ovineme kolem všech stran součástky. Trubičkovou pájku zakončíme pomocí pájecího pera na posledním vývodu součástky.



*Ovinutí trub. pájkou*

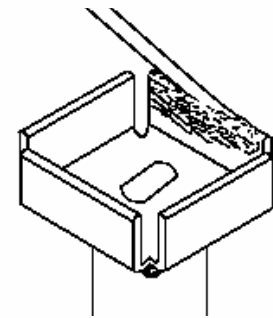
- c) Použitím ručního pájecího pera s nainstalovaným hrotem minivlny vytvoříme můstek, spojující všechny vývody součástky.



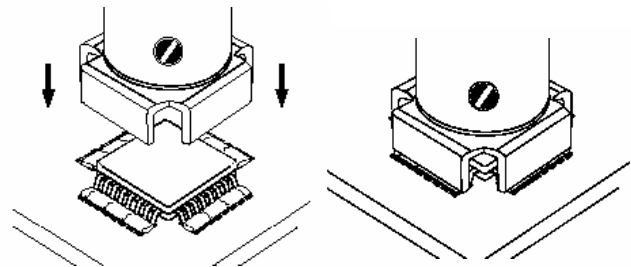
*Vytvoření můstku*

3. Pomocí pinzety se silikonovým povlakem nainstalujeme nástavec pro demontáž pouzder QFP. Na pájecí stanici nastavíme offset teploty podle konkrétního typu ( viz. příloha P I ).
4. Odstraníme starou pájku z hrotu pomocí čistící tužky se skelnými vlákny.
5. Hrot setřeme čistící tužkou s navlhčenou houbou.

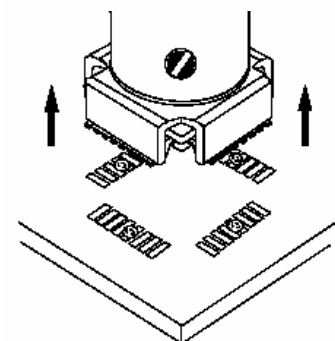
6. Trubičkovou pájkou pocínujeme spodní a vnitřní plochy nástavce.

*Pocínování nástavce*

7. Nástavec shora přiložíme na součástku tak, aby jeho spodní plochy úplně přiléhaly na vývody součástky.

*Umístění nástavce*

8. Za několik sekund by měla být veškerá pájka roztavena a v tomto okamžiku lze součástku zvednout z DPS.

*Zvednutí součástky*

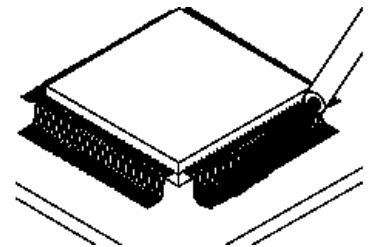
9. Součástku položíme na nehořlavou podložku.
10. Opakujeme operace od kroku 6, nebo pájecí pero odložíme do stojanu.

- **Pomocí termopinzety TT-65**

**P O S T U P**

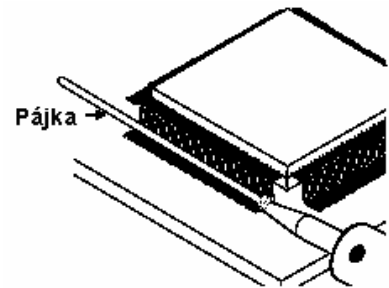
1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C.
2. Nainstalujeme a vycentrujeme obě poloviny nástavce termopinzety pro demontáž PLCC pouzder. S výhodou můžeme použít přípravek pro centrování nástavců. Na pájecí stanici nastavíme konstantu offsetu teploty pro použitý nástavec ( viz. příloha P I).
3. Nyní máme na výběr ze tří možností:

- a) vývody součástky a její pájecí plošky potřeme tavidlem.



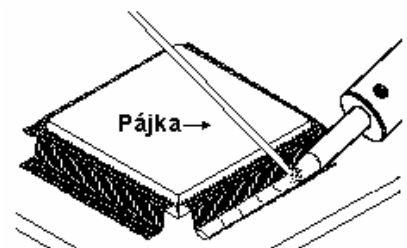
*Aplikace tavidla*

- b) Pájecím perem s kónickým pájecím hrotem 1/16“ připájíme jeden konec drátu trubičkové pájky k vývodu součástky v jednom z jejích rohů. Drát trubičkové pájky ovineme kolem všech stran součástky. Trubičkovou pájku zakončíme pomocí pájecího pera na posledním vývodu součástky.



*Ovinutí trub. pájkou*

- c) Použitím ručního pájecího pera s nainstalovaným hrotem minivlny vytvoříme můstek, spojující všechny vývody součástky.

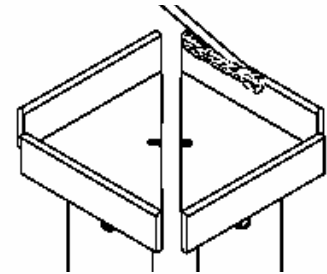


*Vytvoření můstku*



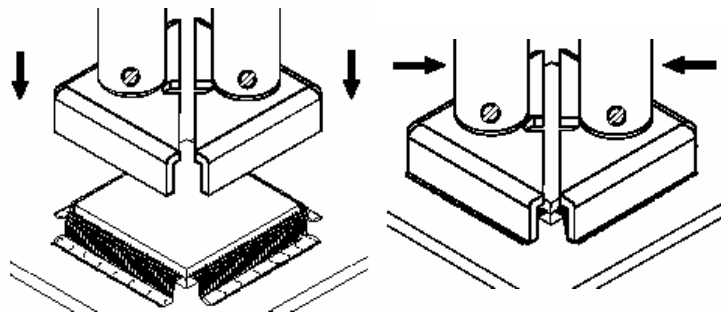
4. Odstraníme starou pájku s nástavce použitím čistící tužky se skelnými vlákny.
5. Pomocí čistící tužky s navlhčenou houbou setřeme s nástavce zbylé nečistoty.

6. Pájkou pocínujeme vnitřní plochy nástavce.



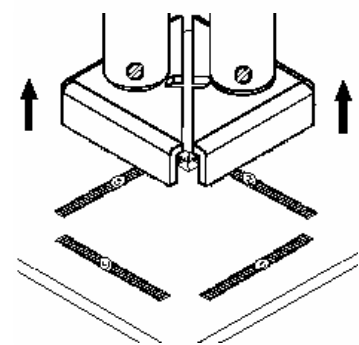
*Pocínování nástavce*

7. Nástavec přiložíme na součástku a stiskneme termopinzetu.



*Umístění nástavce*

8. Za několik sekund by měla být pájka roztavena. To můžeme zjistit lehkým tahem za součástku, nebo pokusem o její pootočení. Až se součástka od DPS „pustí“, zvedneme ji nad DPS a položíme na nehořlavou podložku.

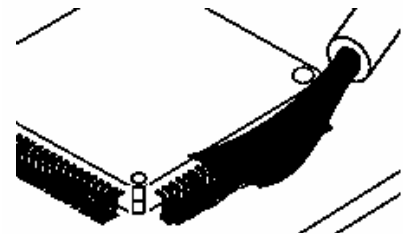


*Zvednutí součástky*

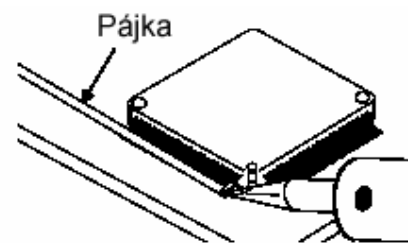
- **Pomocí odsávačky SX-80****P O S T U P**

1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C.
2. Pomocí pinzety se silikonovým povlakem nainstalujeme nástavec pro demontáž pouzder QFP do odsávačky SX-80. Na pájecí stanici nastavíme offset teploty podle konkrétního typu ( viz. příloha P I ).
3. Nyní máme na výběr ze tří možností:

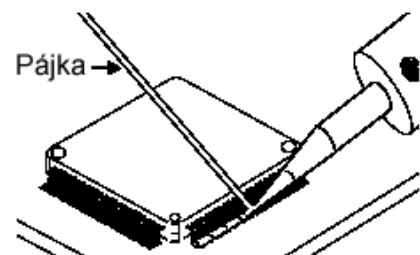
- a) Vývody součástky a její pájecí plošky potřeme tavidlem.

*Aplikace tavidla*

- b) Pájecím perem s kónickým pájecím hrotem 1/16" připájíme konec drátu trubičkové pájky k vývodu součástky v jednom z jejích rohů. Drát trubičkové pájky ovineme kolem všech stran součástky. Trubičkovou pájku zakončíme pomocí pájecího pera na posledním vývodu součástky.

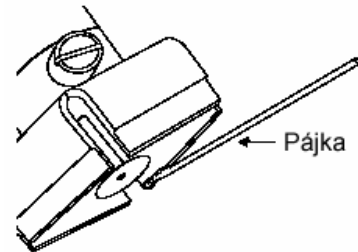
*Ovinutí trub. pájkou*

- c) Použitím ručního pájecího pera s nainstalovaným hrotem minivlny vytvoříme můstek, spojující všechny vývody součástky.

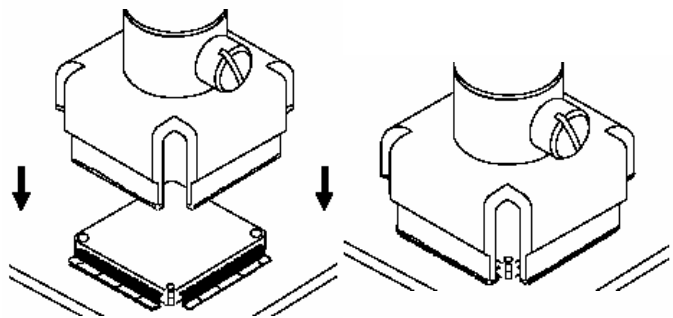
*Vytvoření můstku*

4. Odstraníme starou pájku s nástavce pomocí čistící tužky se skelnými vlákny.
5. Hrot setřeme čistící tužkou s navlhčenou houbou.

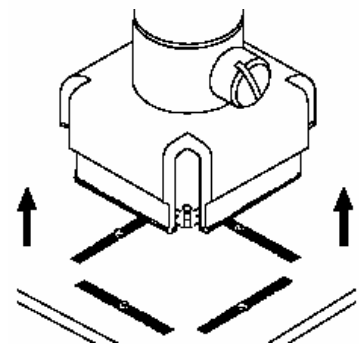
6. Trubičkovou pájkou pocínujeme spodní a vnitřní plochy nástavce.

*Pocínování nástavce*

7. Nástavec shora přiložíme na součástku tak, aby jeho spodní plochy úplně přiléhaly na vývody součástky.

*Umístění nástavce*

8. Za několik sekund by měla být veškerá pájka roztavena a v tomto okamžiku lze součástku zvednout z DPS.

*Zvednutí součástky*

9. Součástku položíme na nehořlavou podložku.
10. Opakujeme operace od kroku 6, nebo pájecí pero odložíme do stojanu.

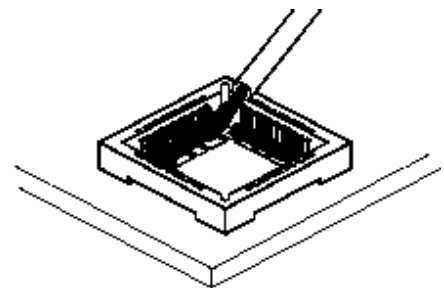
### 6.1.7 Demontáž patice

- Pomocí pájecího pera PS-90

#### POSTUP

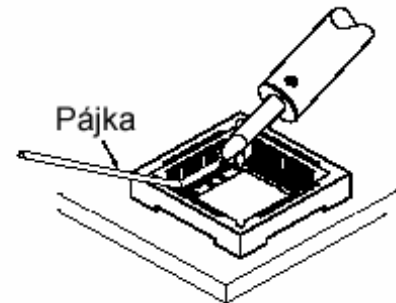
1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C.
2. Nyní můžeme pokračovat třemi způsoby:

- a) Vývody patice a její pájecí plošky potřeme tavidlem.



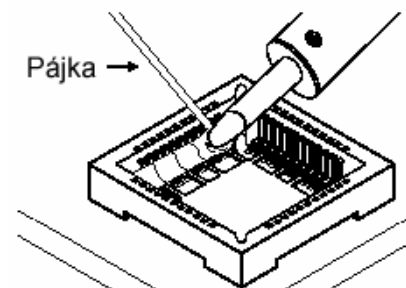
*Aplikace tavidla*

- b) Pájecím perem s kónickým pájecím hrotem 1/16" připájíme konec drátu trubičkové pájky k vývodu patice v jednom z jejích vnitřních rohů. Drát trubičkové pájky ovineme kolem všech vnitřních stran patice. Trubičkovou pájku zakončíme pomocí pájecího pera na posledním vývodu součástky.



*Ovinutí trub. pájkou*

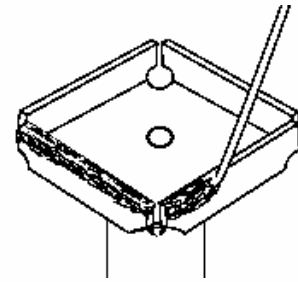
- c) Použitím ručního pájecího pera s nainstalovaným hrotem minivlny vytvoříme můstek, spojující všechny vývody patice na jejích vnitřních stranách.



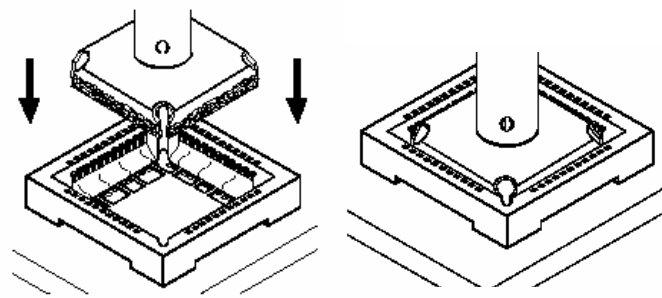
*Vytvoření můstku*

3. Pomocí pinzety se silikonovým povlakem nainstalujeme nástavec pro demontáž pouzder QFP. Na pájecí stanici nastavíme offset teploty podle konkrétního typu (viz. příloha P I).
4. Odstraníme starou pájku s nástavce pomocí čistící tužky se skelnými vlákny.
5. Hrot setřeme čistící tužkou s navlhčenou houbou.

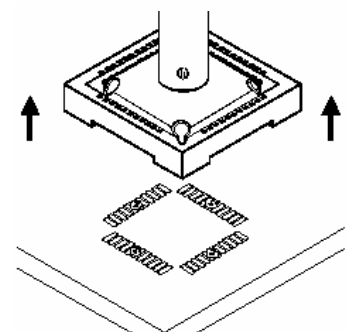
6. Trubičkovou pájkou pocínujeme spodní a vnější plochy nástavce.

*Pocínování nástavce*

7. Nástavec shora přiložíme na součástku tak, aby jeho spodní plochy úplně přiléhaly na vývody součástky.

*Umístění nástavce*

8. Za několik sekund by měla být veškerá pájka roztavena a v tomto okamžiku lze součástku zvednout z DPS.

*Zvednutí součástky*

9. Součástku položíme na nehořlavou podložku.
10. Opakujeme operace od kroku 6, nebo pájecí pero odložíme do stojanu.

## 6.2 Montáž SMD součástek

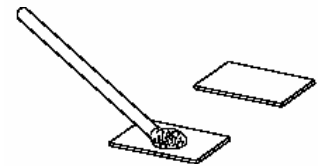
### 6.2.1 Montáž čipových součástek

- Pomocí horkovzdušné stanice SUNKKO

#### POSTUP

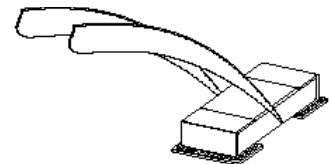
1. Do horkovzdušného pera nainstalujeme nástavec se zahnutou tryskou 1,5 mm x 3 mm.
2. Na horkovzdušné stanici nastavíme teplotu 425°C.

3. Dispenzerem nanese malou kuličku pájecí pasty na všechny pájecí plošky.



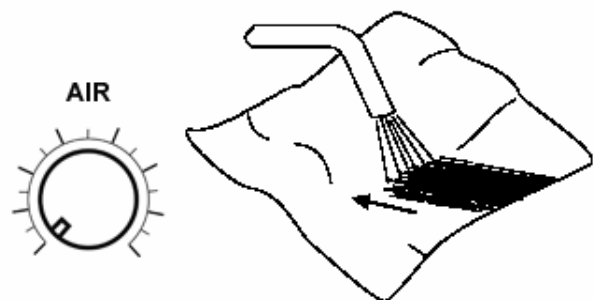
*Nanesení pájecí pasty*

4. Pomocí pinzety umístíme součástku do nanesené pájecí pasty. Dbáme při tom na její správnou elektrickou polarizaci a mechanickou orientaci.



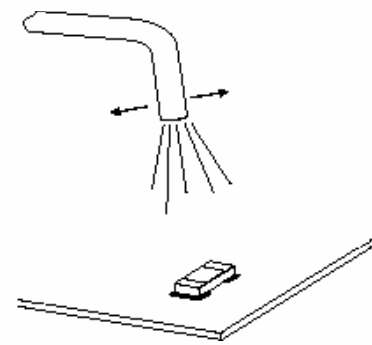
*Položení součástky*

5. Tlak výstupního horkého vzduchu z trysky nastavujeme od minima až po takovou hodnotu, kdy ze vzdálenosti trysky 0,5 cm od bílého listu kancelářského papíru se na něm začne vytvářet černá stopa.



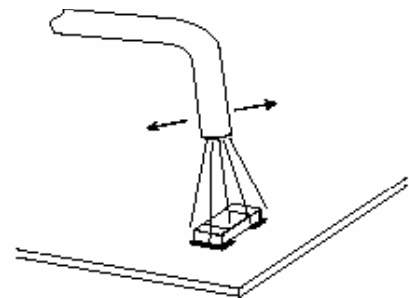
*Nastavení množství vzduchu*

6. Pájecí pastu předehřejeme horkým vzduchem ze vzdálenosti trysky 2,5 cm od pájené součástky.



*Předehřev součástky a pájecí pasty*

7. V okamžiku, kdy je pájecí pasta dostatečně předehřátá (signalizuje její matný povrch) přiblížíme trysku blíže pájené součástce cca 0,5 cm a zahříváme ji, dokud neproběhne přetavení pájecí pasty. Přetavení pájecí pasty indikuje její lesklý povrch.



*Přetavení pájecí pasty*

8. Vrátime horkovzdušné pero do stojanu na horkovzdušné stanici.
9. Pájené místo necháme vychladnout několik minut a následně zkontrolujeme výsledek, případně očistíme. Ve většině případů by neměly být s kvalitou pájeného spoje žádné problémy. Pokud však nastanou problémy, např. pájecí pasta tvoří malé kuličky kolem pájené součástky, je v tomto případě nutné zkontrolovat dobu skladovatelnosti pájecí pasty, případně prodloužit dobu jejího předehřevu.

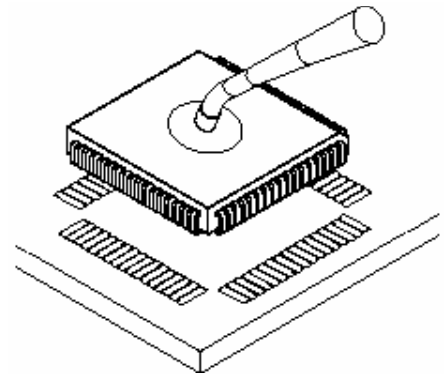
## 6.2.2 Montáž pouzder PLCC

- Pomocí pájecího pera PS-90 a „horkého nože“

### POSTUP

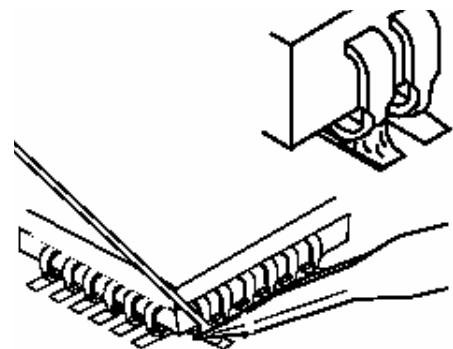
1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C a konstantu offsetu teploty pro použitý pájecí hrot ( viz. příloha P I ).
2. Pomocí pinzety se silikonovou vrstvou nainstalujeme pájecí hrot „horký nůž“ do pájecího pera.

3. Pájenou součástku umístíme na její pájecí plošky na DPS. Dbáme při tom na správnou orientaci pouzdra (klíč je na pouzdru PLCC vyznačen zkosením jednoho z rohů) a na správné zarovnání vývodů součástky a pájecích plošek na DPS. Pro tento účel je vhodné využít vakuové pipety nebo pinzety.



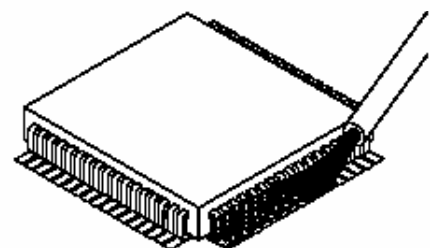
*Umístění pouzdra*

4. Na pájecí plošky ve dvou protějších libovolných rozích součástky aplikujeme tavidlo a následně zde součástku připájíme. Součástka bude nyní dobře fixována proti posuvu.



*Fixace pouzdra*

5. Nyní aplikujeme tavidlo na tu stranu pouzdra PLCC, kterou chceme pájet jako první. Obvykle by to měla být strana bez pájených spojů určených pro fixaci součástky, které byly vytvořeny v bodě 4.

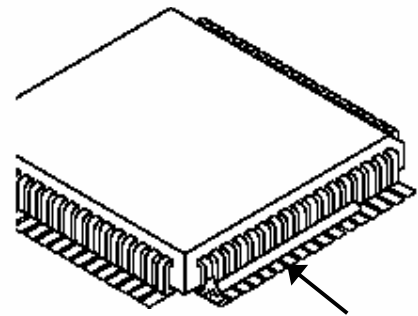


*Aplikace tavidla*



6. Ustříháme drátové trubičkové pájky v délce odpovídající  $\frac{3}{4}$  délky strany pájeného pouzdra.

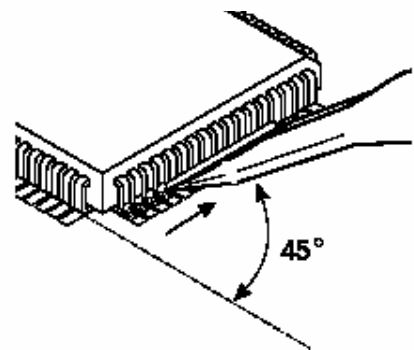
7. Přípravený drátek trubičkové pájky vložíme na přechod vývod - pájecí ploška pájené strany pouzdra tak, aby začínal na krajním rohu pouzdra.



*Vložení trub. pájky*

8. Očistíme pájecí hrot pomocí navlhčené houby umístěné ve stojanu pájecího pera.

9. Pájecí hrot umístíme na přechod vývod - pájecí ploška pod úhlem  $45^\circ$ . V okamžiku, kdy dojde k roztavení pájky, začneme pomalým pohybem prohřívát zbývající vývody součástky. Každý vývod součástky by měl být správně zapájen bez nedostatku nebo naopak přebytku pájky.



*Zapájení vývodů*

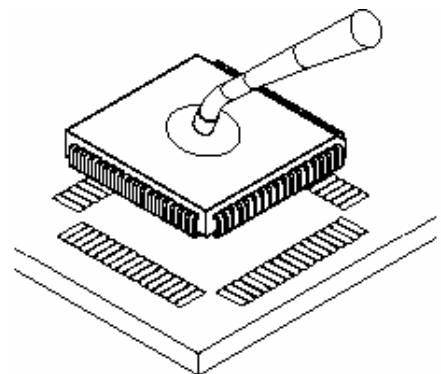
10. Na zbývajících stranách pouzdra PLCC opakujeme kroky 6-9.
11. Pájecí hrot očistíme pomocí vlhké houby, je-li potřeba pocínujeme a pájecí pero odložíme do stojanu.
12. Pájené spoje vizuálně zkontrolujeme a podle potřeby očistíme. V horším případě provedeme opravy.

- Pomocí pájecího pera PS-90 a pájecího hrotu „minivlna“

### P O S T U P

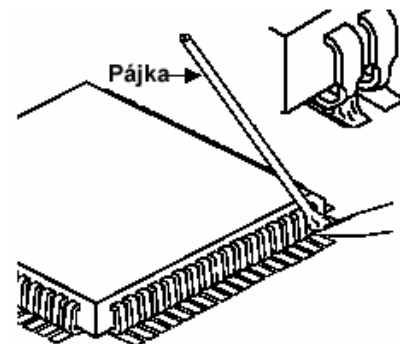
1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C.
2. Pomocí pinzety se silikonovou vrstvou nainstalujeme pájecí hrot „minivlna“ do pájecího pera. Číslo hrotu je 0608 a je vyraženo na jeho těle z boční strany.

3. Pájenou součástku umístíme na její pájecí plošky na DPS. Dbáme při tom na správnou orientaci pouzdra (klíč je na pouzdru PLCC vyznačen zkosením jednoho z rohů) a na správné zarovnání vývodů součástky a pájecích plošek na DPS. Pro tento účel je vhodné využít vakuové pipety nebo pinzety.



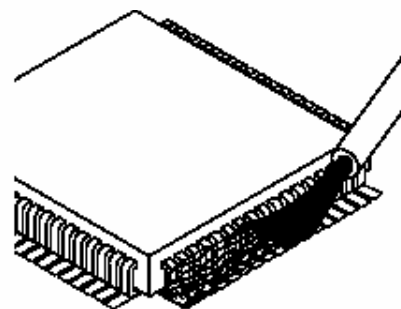
*Umístění pouzdra*

4. Na pájecí plošky ve dvou protějších libovolných rozích součástky aplikujeme tavidlo a následně zde součástku připájíme. Součástka bude nyní dobře fixována proti posuvu.



*Fixace pouzdra*

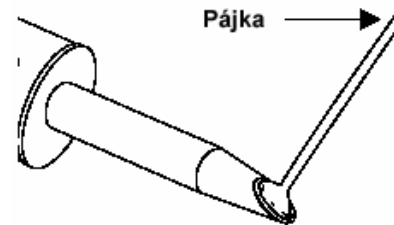
5. Nyní aplikujeme tavidlo na tu stranu pouzdra PLCC, kterou chceme pájet jako první. Zpravidla by to měla být strana bez pájených spojů určených pro fixaci součástky, které byly vytvořeny v bodě 4.



*Aplikace tavidla*

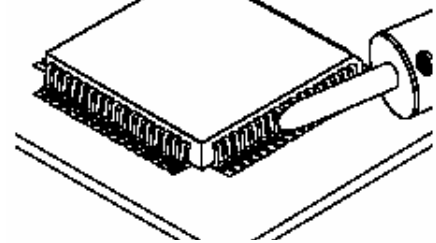
6. Očistíme pájecí hrot pomocí navlhčené houby umístěné ve stojanu pájecího pera.

7. Do duté části pájecího hrotu roztavíme trubičkovou pájku tak, aby na pájecím hrotě vytvořila vypuklou kapku.



*Nanesení pájky*

8. Pájecí hrot „minivlny“ umístíme takovým způsobem, aby pájka roztavená v dutině hrotu byla v kontaktu s vývody pouzdra „J“ ve vertikálním směru. Následně pomalým a plynulým pohybem zapájíme všechny vývody na této straně pouzdra.



*Zapájení vývodů*

9. Opakujeme kroky 6-8 na zbývajících stranách pouzdra.

10. Pájecí hrot očistíme od zbytků tavidla a pájky, pocínujeme jej a pájecí pero odložíme do stojanu.

11. Výsledek práce zkontrolujeme, popřípadě očistíme od tavidla. V horším případě provedeme opravy.

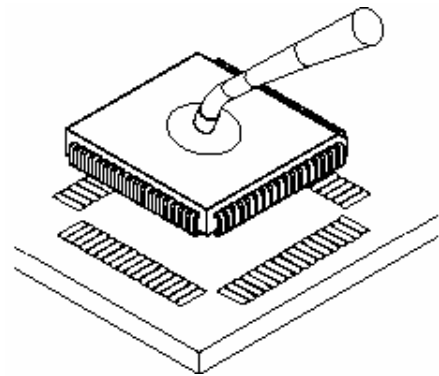
**POZNÁMKA:** Pokud dochází k vytvoření můsteků vždy na posledních dvou pájených vývodech, může být tento problém způsoben přílišným množstvím pájky roztavené v dutině hrotu, nebo použitím nevhodného nebo starého tavidla.

- Pomocí pájecího pera PS-90, technika „pin po pinu“

### P O S T U P

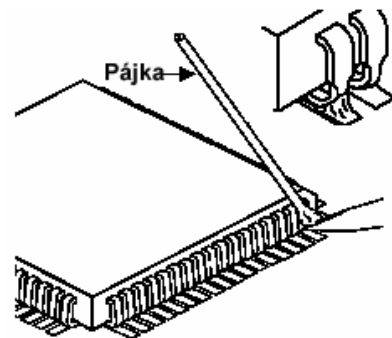
1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C.
2. Pomocí pinzety se silikonovou vrstvou nainstalujeme do pájecího pera pájecí hrot tvaru dláta, velikosti 1/16“. Číslo hrotu je 0414 a je vyraženo na jeho těle z boční strany.

3. Pájenou součástku umístíme na její pájecí plošky na DPS. Dbáme při tom na správnou orientaci pouzdra (klíč je na pouzdru PLCC vyznačen zkosením jednoho z rohů) a na správné zarovnání vývodů součástky a pájecích plošek na DPS. Pro tento účel je vhodné využít vakuové pipety nebo pinzety.



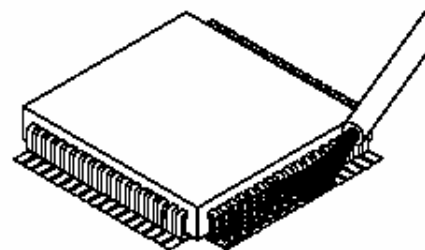
*Umístění pouzdra*

4. Na pájecí plošky ve dvou protějších libovolných rozích součástky aplikujeme tavidlo a následně zde součástku připájíme. Součástka bude nyní dobře fixována proti posuvu.



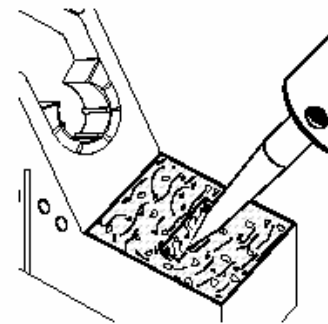
*Fixace pouzdra*

5. Nyní aplikujeme tavidlo na tu stranu pouzdra PLCC, kterou chceme pájet jako první. Zpravidla by to měla být strana bez pájených spojů určených pro fixaci součástky, které byly vytvořeny v bodě 4.



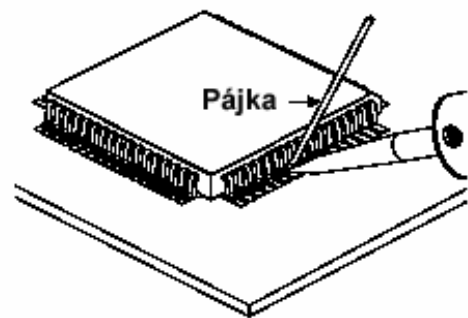
*Aplikace tavidla*

6. Očistíme pájecí hrot pomocí navlhčené houby umístěné ve stojanu pájecího pera.



*Očištění hrotu*

7. Pájecí hrot umístíme na rozhraní vývod součástky - pájecí ploška a následně přiložíme k zakončení hrotu trubičkovou pájku. Ta se taví a vytváří pájený spoj mezi vývodem součástky a pájecí ploškou. Množství pájky v pájeném spoji je přímo úměrné délce roztaveného drátu trubičkové pájky. Správné množství pájky v pájeném bodě indikuje vzhledný vývod „J“ pouzdra PLCC a jeho dobře viditelné kontury.



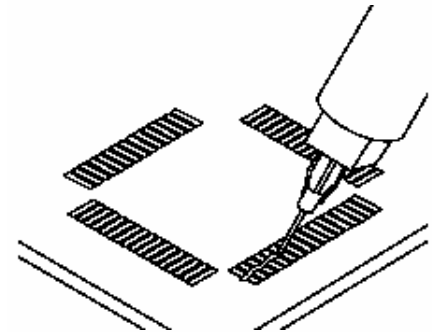
*Pájení vývodů*

8. Opakujeme krok 7 na zbývající vývody součástky. V případě potřeby pájecí hrot očistíme.
9. Výsledek práce zkontrolujeme, popřípadě očistíme od tavidla. V horším případě provedeme opravy.

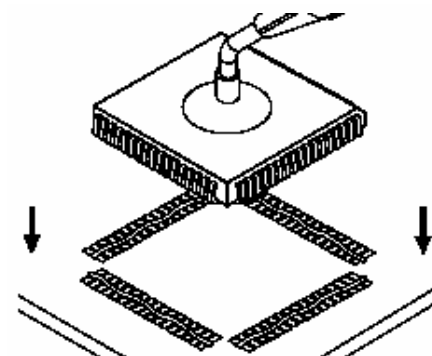
- **Pájení horkým vzduchem****POSTUP**

1. Do horkovzdušného pera nainstalujeme nástavec se zahnutou tryskou 1,5 mm x 3 mm.
2. Na horkovzdušné stanici nastavíme teplotu 425°C.

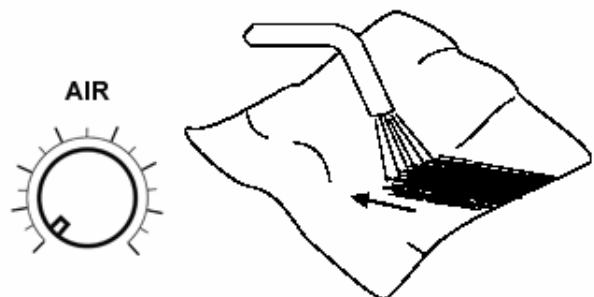
3. Pomocí disperzeru naneseeme pájecí pastu po celé šířce pájecích plošek.

*Aplikace pájecí pasty*

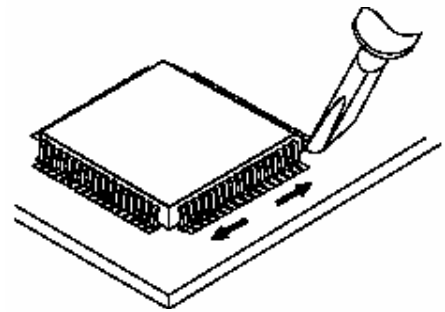
4. Pájenou součástku umístíme na její pájecí plošky do pájecí pasty. Dbáme při tom na správnou orientaci pouzdra (klíč je na pouzdru PLCC vyznačen zkosením jednoho z rohů) a na správné zarovnání vývodů součástky a pájecích plošek na DPS. Pro tento účel je vhodné využít vakuové pipety nebo pinzety.

*Položení součástky*

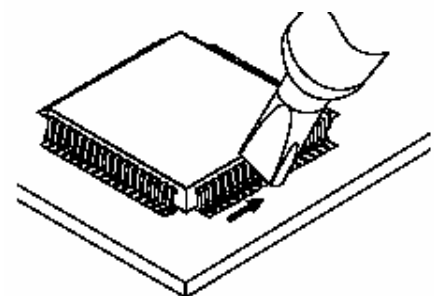
5. Tlak výstupního horkého vzduchu z trysky nastavujeme od minima až po takovou hodnotu, kdy ze vzdálenosti trysky 0,5 cm od bílého listu kancelářského papíru se na něm začne vytvářet černá stopa.

*Nastavení množství vzduchu*

6. Každou stranu pouzdra PLCC pájíme odděleně. Pájecí pastu na každé straně předehejeme ze vzdálenosti trysky cca 2,5 cm od vývodů součástky. Pro rovnoměrné zahřátí celé strany pouzdra pohybujeme tryskou z jednoho konce na druhý. V okamžiku, kdy je pájecí pasta dostatečně předežhřátá (signalizuje její matný povrch) přiblížíme trysku blíže jednomu konci pájeného pouzdra cca 0,5 cm a pokračujeme v jednom směru v plynulém přetavování pájecí pasty. Pájení ukončíme dosažením konce strany pouzdra.



*Předežhřev pájecí pasty*



*Přetavení pájecí pasty*

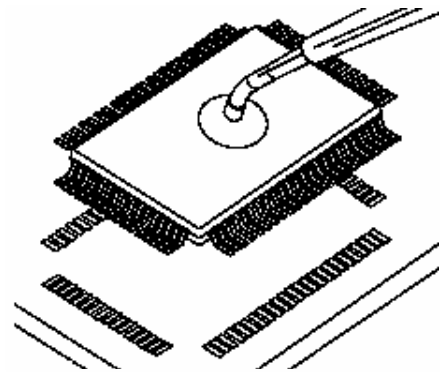
7. Krok 6 opakujeme pro zbývající strany pouzdra.
8. Horkovzdušné pero vrátíme do stojanu na horkovzdušné pájecí stanici.
9. Výsledek práce zkontrolujeme, popřípadě očistíme od tavidla. Pokud jsme nanесли na pájecí plošky správné množství pájecí pasty, je výsledek naší práce uspokojivý a nedošlo k vytvoření můstků mezi vývody součástky kvůli přílišnému množství pájecí pasty, nebo naopak k nezapájení vývodů v důsledku příliš malého množství pájecí pasty.

### 6.2.3 Montáž pouzder QFP

- Pomocí pájecího pera PS-90 a pájecího hrotu „minivlna“

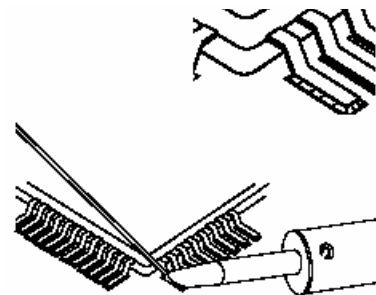
#### P O S T U P

1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C.
2. Pomocí pinzety se silikonovou vrstvou nainstalujeme pájecí hrot „minivlna“ do pájecího pera. Číslo hrotu je 0608 a je vyraženo na jeho těle z boční strany.
3. Pájenou součástku umístíme na její pájecí plošky na DPS. Dbáme při tom na správnou orientaci pouzdra (klíč je na pouzdru QFP vyznačen různými způsoby – kolečkem v jednom z rohů atd.) a na správné zarovnání vývodů součástky a pájecích plošek na DPS. Pro tento účel je vhodné využít vakuové pipety nebo pinzety.



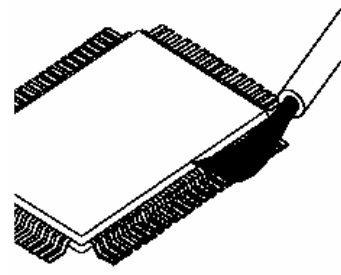
*Umístění pouzdra*

4. Na pájecí plošky ve dvou protějších libovolných rozích součástky aplikujeme tavidlo a následně zde součástku připájíme. Součástka bude nyní dobře fixována proti posuvu.



*Fixace pouzdra*

5. Aplikujeme tavidlo na všechny vývody pouzdra QFP a jejich pájecí plošky.

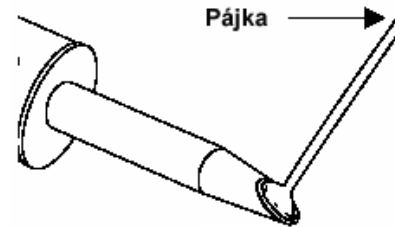


*Aplikace tavidla*



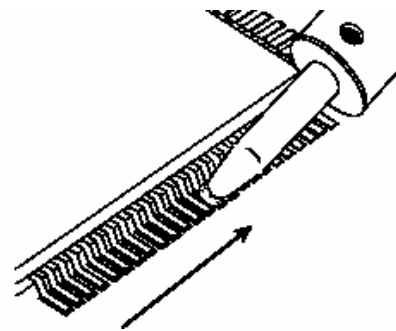
6. Očistíme pájecí hrot pomocí navlhčené houby umístěné ve stojanu pájecího pera.

7. Do duté části pájecího hrotu roztavíme trubičkovou pájku tak, aby na pájecím hrotě vytvořila vypuklou kapku.



*Nanesení pájky*

8. Hrot umístíme na vývody součástky tak, aby roztavená pájka v dutině hrotu byla v kontaktu s vývody součástky. Následně pomalým a plynulým pohybem zapájíme všechny vývody na této straně pouzdra.



*Zapájení vývodů*

9. Pro zapájení zbývajících stran opakujeme kroky 6-8.

10. Výsledek práce zkontrolujeme, popřípadě očistíme od tavidla. V horším případě provedeme opravy.

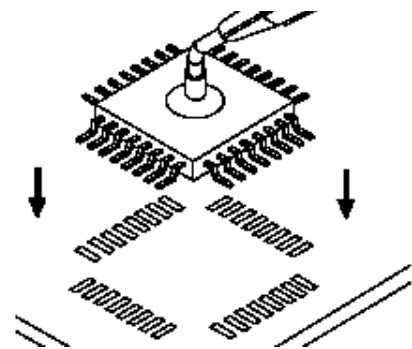
**POZNÁMKA:** Pokud dochází k vytvoření můstků mezi vývody a nebo na posledních dvou pájených vývodech, může být tento problém způsoben přílišným množstvím pájky roztavené v dutině hrotu, nebo použitím nevhodného nebo starého tavidla.

- Pomocí pájecího pera PS-90, technika „pin po pinu“

### P O S T U P

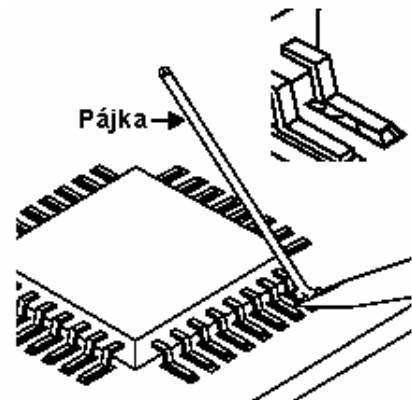
1. Na pájecí stanici nastavíme teplotu 315°C.
2. Pomocí pinzety se silikonovou vrstvou nainstalujeme do pájecího pera pájecí hrot tvaru dláta, velikosti 1/16“. Číslo hrotu je 0414 a je vyraženo na jeho těle z boční strany.

3. Pájenou součástku umístíme na její pájecí plošky na DPS. Dbáme při tom na správnou orientaci pouzdra (klíč je na pouzdru QFP vyznačen různými způsoby – kolečkem v jednom z rohů atd.) a na správné zarovnání vývodů součástky a pájecích plošek na DPS. Pro tento účel je vhodné využít vakuové pipety nebo pinzety.



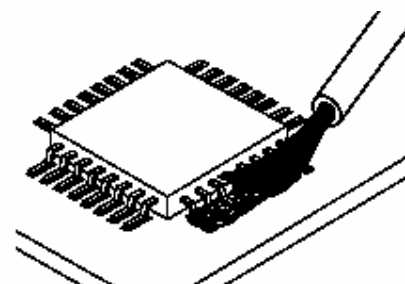
*Umístění pouzdra*

4. Na pájecí plošky ve dvou protějších libovolných rozích součástky aplikujeme tavidlo a následně zde součástku připájíme. Součástka bude nyní dobře fixována proti posuvu.



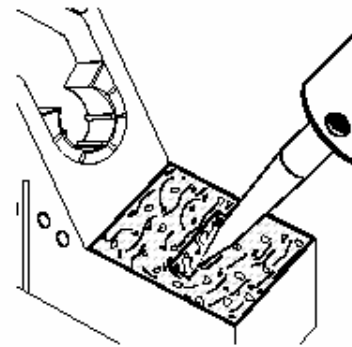
*Fixace pouzdra*

5. Aplikujeme tavidlo na všechny vývody pouzdra QFP a jejich pájecí plošky.



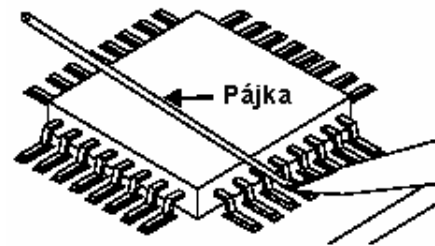
*Aplikace tavidla*

6. Očistíme pájecí hrot pomocí navlhčené houby umístěné ve stojanu pájecího pera.



*Očištění hrotu*

7. Pájecí hrot umístíme na rozhraní vývod součástky - pájecí ploška a následně přiložíme k zakončení hrotu trubičkovou pájku. Ta se taví a vytváří pájený spoj mezi vývodem součástky a pájecí ploškou. Množství pájky v pájeném spoji je přímo úměrné délce roztaveného drátu trubičkové pájky. Správné množství pájky v pájeném bodě indikuje vzhledný vývod „L“ pouzdra QFP a jeho dobře viditelné kontury.



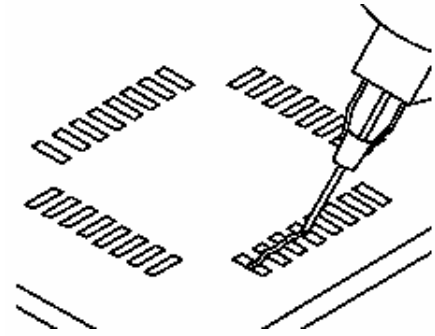
*Zapájení vývodů*

8. Opakujeme krok 7 na zbývající vývody součástky. V případě potřeby pájecí hrot očistíme.
9. Výsledek práce zkontrolujeme, popřípadě očistíme od tavidla. V horším případě provedeme opravy.

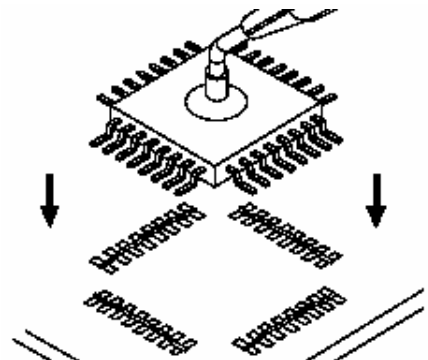
- **Pájení horkým vzduchem****POSTUP**

1. Do horkovzdušného pera nainstalujeme nástavec se zahnutou tryskou 1,5 mm x 3 mm.
2. Na horkovzdušné stanici nastavíme teplotu 425°C.

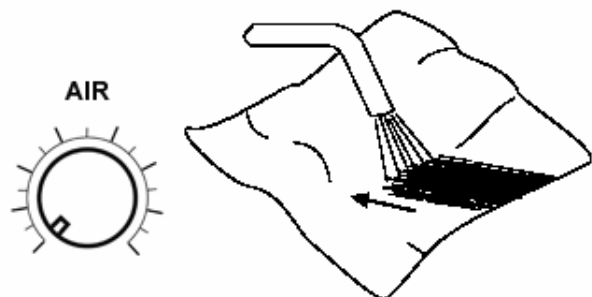
3. Pomocí dispenzeru naneseeme pájecí pastu po celé šířce pájecích plošek.

*Aplikace pájecí pasty*

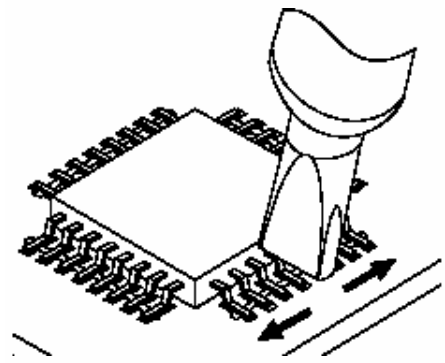
4. Pájenou součástku umístíme na její pájecí plošky do pájecí pasty. Dbáme při tom na správnou orientaci pouzdra (klíč je na pouzdra QFP vyznačen různými způsoby, např. rohovým kroužkem atd.) a na správné zarovnání vývodů součástky a pájecích plošek na DPS. Pro tento účel je vhodné využít vakuové pipety nebo pinzety.

*Položení součástky*

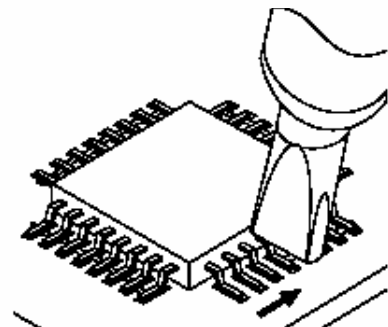
5. Tlak výstupního horkého vzduchu z trysky nastavujeme od minima až po takovou hodnotu, kdy ze vzdálenosti trysky 0,5 cm od bílého listu kancelářského papíru se na něm začne vytvářet černá stopa.

*Nastavení množství vzduchu*

6. Každou stranu pouzdra QFP pájíme odděleně. Pájecí pastu na každé straně předehřejeme ze vzdálenosti trysky cca 2,5 cm od vývodů součástky. Pro rovnoměrné zahřátí celé strany pouzdra pohybujeme tryskou z jednoho konce na druhý. V okamžiku, kdy je pájecí pasta dostatečně předehřátá (signalizuje její matný povrch) přiblížíme trysku blíže jednomu konci pájeného pouzdra cca 0,5 cm a pokračujeme v jednom směru v plynulém přetavování pájecí pasty. Pájení ukončíme dosažením konce strany pouzdra.



*Předehřev pájecí pasty*



*Přetavení pájecí pasty*

7. Krok 6 opakujeme pro zbývající strany pouzdra.
8. Horkovzdušné pero vrátíme do stojanu na horkovzdušné pájecí stanici.
9. Výsledek práce zkontrolujeme, popřípadě očistíme od tavidla. Pokud jsme nanесли na pájecí plošky správné množství pájecí pasty, je výsledek naší práce uspokojivý a nedošlo k vytvoření můstků mezi vývody součástky kvůli přílišnému množství pájecí pasty, nebo naopak k nezapájení vývodů v důsledku příliš malého množství pájecí pasty.

### 6.3 Čištění osazených DPS

Čištění desek plošných spojů po osazení SMD součástek je z důvodu vysokých nároků na spolehlivost a vzhled desek plošných spojů nezbytné.

Pro čištění DPS od zbytků tavidel použitých během pájení je nejvhodnější použít alkohol s velkými molekulami. Nejvhodnější je pro tento účel izopropanol. Při použití alkoholu, který má malé molekuly (etanol) hrozí nebezpečí vzniku vad popsanych v kapitole 2.4.2 (prasknutí, popcorn defect, atd.) v důsledku nasákavosti plastových pouzder SMD součástek.

Pro mechanické odstranění zbytků tavidel a jiných nečistot je vhodné použít štětec nebo zubní kartáček.

V závěrečné části čištění, kdy jsou odstraněny mechanické nečistoty, je vhodné celou osazenou DPS „opláchnout“ ze strany pájení čistým alkoholem.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo podat celkový přehled o technologii povrchové montáže. Tato problematika je velmi obsáhlá, což dokazuje velké množství zahraničních publikací. Bohužel českých titulů je na toto téma pouze poskromnu. V současné době je tato problematika úzce spojená s přechodem na bezolovnaté technologie, čímž vznikají další komplikace.

Teoretická část této práce uvádí do problematiky pouzdření součástek SMD, která je velice důležitá pro rozlišování typu těchto součástek a jejich rozměrů. Dále jsou zde uvedeny jejich vlastnosti a způsob manipulace s nimi v úzké souvislosti s problematikou ESD. V poslední řadě je probána problematika tavidel pro měkké pájení a pájecích slitin, mezi něž patří měkké pájky a pájecí pasty, v současnosti vytlačované olovnaté pájky a jejich nahrazování bezolovnatými.

Praktická část této práce měla za cíl vytvořit kvalitní pracoviště pro montáž sestav a opravy elektronických zařízení v SMT a dále tvorbu uživatelské příručky a postupu práce pro pájecí zařízení na tomto pracovišti. Myslím si, že se tohoto cíle podařilo dosáhnout v obou bodech. V této části jsou shrnuty veškeré poznatky o dvojici pájecích stanic Pace MBT 250 pro konduktivní pájení (kontaktem) a horkovzdušné stanici SUNKKO 850DU pro konvektivní pájení (horkým plynem). Především jde o správné zacházení s těmito stanicemi - o správnou údržbu, ochranu před jejich poškozením a také o často opomíjenou požární bezpečnost. Tato část současně obsahuje podrobné pracovní postupy pro správnou montáž a demontáž součástek SMD na DPS.

Porovnat výhody a nevýhody obou stanic není jednoduchý úkol. Z hlediska demontáže součástek SMD je pro většinu aplikací vhodnější pájecí stanice PACE. Použitím vhodného nástavce ze širokého sortimentu nabídky této firmy instalovaného do jednoho ze tří kontaktních vyhřívaných nástrojů je možné rychle demontovat libovolnou SMD součástku bez jejího poškození, či poškození desky plošných spojů. Horkovzdušná stanice SUNKKO je naopak vhodná pouze pro demontáž malých SMD prvků jako jsou čipové součástky, malá SOIC pouzdra do 14 vývodů a další součástky nestandardních tvarů nebo rozměrů. Před demontáží SMD součástek je však obecně nutno zvážit veškeré aspekty jako velikost a materiál pouzdra, tepelné namáhání nebo množství volného místa okolo demontované součástky. Z hlediska montáže SMD součástek je hlavní rozdíl mezi těmito stanicemi především v použité pájce. Kromě malých čipových součástek je pájecí stanice PACE

schopna zapájet všechny typy SMD pouzder pomocí klasické trubičkové pájky. Horkovzdušná stanice SUNKKO umožňuje pomocí pájecí pasty pájet jak malé čipové součástky např. rezistory 0402, tak i mnohavývodová QFP pouzdra s roztečí „fine pitch“ nebo pouzdra takového typu, k jejichž vývodům je obtížný přístup jako jsou např. některé patice.

Z výše uvedených vlastností obou pájecích stanic je tedy zřejmé, že každá má své výhody i nevýhody, které vyplývají z aplikací, pro které jsou tyto stanice použity. Faktem však zůstává, že dokoupením vyhřívaného nástroje Mini ThermoJet k pájecí stanici PACE MBT-250 by byla horkovzdušná stanice SUNKKO plně nahrazena a stanice PACE by obsahovala veškeré funkce pro montáž i demontáž součástek SMD všemi v současnosti používanými způsoby.

Jak zde už bylo zmíněno, nutností je i požární bezpečnost a bezpečnost a ochrana osob při práci (BOZP). Proto je velice nutné dodržovat určité zásady během práce s horkými nástroji a předejít tak vzniku požáru nebo poranění. Nutnými doplňky laboratorního pracoviště by měly být výstražné tabulky upozorňující na nebezpečí popálení, vznik požáru a také varující před vdechováním nebezpečných výparů (z tavidel atd.).



## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The target of this bachelor thesis was getting of total view about technology of the surface mounting. This problem is very wide which prove lots of foreign publications. Unfortunately, the Czech titles are only scantily about this theme. This question is deeply wedded with switch-over into leadless technologies in this time and next complications roses.

The theoretic part of this thesis introduces into problem of encapsulating of SMD parts, which is very important for resolution of kind of these parts and their proportions. Further there are issued their properties and way of manipulation with them in context of ESD problems here. And the problem of the fluxes for solder sweating and soldering alloys, the solders and soldering pastes, belonging among them and the lead solders replaced with leadless, are traversed as well.

The practical part of this thesis had the creating of the quality workplace for montage and reparation of the groups of electronic equipments in SMT field and creating of the user guide and procedure of work for sweating equipment in workplace, as a target. By my opinion, the target was achieved in both of them.

All findings about station Pace MBT 250 for conductive (contact) sweating and hot-flue station SUNKKO 850DU for convective sweating are summarized in this part. It is going about right manipulation with these stations above all – right maintenance, protection from their damage and fire protection, which is often marginalized. This part also contains the procedures of work for right montage and removal of the SMD parts on the DPS.

The comparison of the advantages and disadvantages is not easy. Station PACE is more suitable in term of montage and removal of the SMD parts for most of applications. If we use the suitable adapter from wide product line of this company, installed into one of three heated contact instruments, we can remove any SMD part quickly and without its damage or damage of the PCB. Hot-flue station SUNKKO is suitable for small SMD parts as chip components, small SOIC boxes up to 14 pins and parts of special shapes and sizes only. It is necessary to entertain all aspects such as material of the box, heat stress and free space around the removed part before removal. In term of montage SMD parts, the main difference between these stations is in the used melting iron. The station PACE is able to solder in all types of SMD cases with classic tube solder except small chip components.

Hot-flue station SUNKKO makes soldering of both small chip components such as resistors 0402 and multipin QFP cases with “fine pitch” or some sockets with difficult access to the pins possible by the help of soldering flux.

It is evident, from properties of both soldering stations mentioned above, each one has advantages and disadvantages, which arise from used applications. Fact is, if we buy the heated instrument Mini ThermoJet for station PACE MBT-250, we can displace the hot-flue station SUNKKO. And this tooled station PACE should have had all functions for montage and removal SMD parts with all in present used ways.

The necessity is the fire protection and health and safety in the workplace as well. Accordingly it is necessary to keep the principles during the work with hot instruments and prevent the fire or injury. The necessary addition of the laboratory workplace would have been the warning boards warnings on risk of fire and burn injury and danger of inhalation of the hazardous exhalations (from fluxes, etc.).

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ABEL, Martin. *Plošné spoje se SMD, návrh a konstrukce*. . 1. vyd. Pardubice : Platan, 2000. 220 s. ISBN 80-902733-2-7.
- [2] ABEL, Martin., CIMBUREK, Vladimír. *Bezolovnaté pájení v teorii a praxi*. ABE.TEC, s.r.o., Pardubice 2005, Tisk Grafikon Pardubice.
- [3] SZENDIUCH, Ivan. *Mikroelektronické montážní technologie*. VITIUM, Nakladatelství VUT v Brně 1997.
- [4] ABEL, Martin. *SMT Technologie povrchové montáže*. 1. vyd. Pardubice : Platan, 2000. 250 s. ISBN 80-902733-1-9.
- [5] STARÝ, J., ŠANDERA, J., KAHLE, P. *Plošné spoje a povrchová montáž*. 1 vyd. Brno: VUT Brno Ústav elektrotechnologie, 1999. ISBN 80-214-1499-5
- [6] PACE incorporated., *Operation & maintenance manual*
- [7] PACE incorporated, *Manual assembly and rework for surface mount*. Aug. 1997
- [8] [www.paceusa.com](http://www.paceusa.com)
- [9] Přehled součástek – SMD, [www.hw.cz](http://www.hw.cz)
- [10] SMT centrum – informační server, [www.smtcentrum.cz](http://www.smtcentrum.cz)
- [11] [www.smtplus.cz](http://www.smtplus.cz)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DPS Deska plošného spoje

PCB Printed Circuit Board – deska plošného spoje

SMT Surface Mount Technology – technologie povrchové montáže

SMD Surface Mount Devices – součástky pro povrchovou montáž

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Příklad ochrany koncových vývodů keramických kondenzátorů Ni bariérou. ....	13
Obr. 2. Tvary vývodů pro součástky SMD.....	14
Obr. 3. Pásové zásobníky (tzv. „blister“ pásky) pro balení SMD. ....	16
Obr. 4. Tyčové zásobníky pro balení SMD. ....	16
Obr. 5. Paletové zásobníky pro balení SMD. ....	17
Obr. 6. Kazetový zásobník.....	17
Obr. 7. Orientační test na pájitelnost. ....	18
Obr. 8. Možná provedení vývodů čipových součástek.....	19
Obr. 9. Konstrukce typického čipového rezistoru. ....	20
Obr. 10. SMD čipový rezistor.....	20
Obr. 11. Vlastnosti dielektrik keramických kondenzátorů. ....	21
Obr. 12. Provedení vícevrstvých keramických kondenzátorů.....	22
Obr. 13. Provedení plastového kondenzátoru.....	23
Obr. 14. Konstrukce tantalového kondenzátoru. ....	24
Obr. 15. Provedení tantalových kondenzátorů. ....	24
Obr. 16. Konstrukce a provedení hliníkových kondenzátorů.....	25
Obr. 17. Příklad drátem vinutých indukčností.....	26
Obr. 18. Příklad lisovaných indukčností.....	26
Obr. 19. Pouzdra MELF. ....	27
Obr. 20. Pouzdro typu SOD.....	27
Obr. 21. Konstrukce pouzdra SOT-23.....	28
Obr. 22. Porovnání profilů SOT-23.....	28
Obr. 23. Provedení pouzdra SOT-143. ....	29
Obr. 24. Provedení pouzdra SOT-223.....	29
Obr. 25. Provedení dalších typů pouzder SOT.....	30
Obr. 26. Tvary pouzder SO.....	31
Obr. 27. Konstrukce pouzdra BQFP.....	32
Obr. 28. Pouzdra typu Flat Pack.....	32
Obr. 29. Pouzdro PLCC.....	33
Obr. 30. Pouzdro LCCC.....	34

Obr. 31. Bezvývodové nosiče čipů. Typické montážní konfigurace s vyznačenou orientací.....	35
Obr. 32. Možné provedení vývodů tvrdě pájených k horní ploše pouzdra.....	35
Obr. 33. Možné provedení vývodů připojovaných termokompresí k zoubkování pouzdra.....	35
Obr. 34. Tolerance umístění pouzdra BGA na pájecí plošce.....	36
Obr. 35. Pouzdra BGA.....	36
Obr. 36. Rozmístění kontaktů u pouzder BGA.....	37
Obr. 37. Pouzdro BGA a pájený spoj.....	37
Obr. 38. Princip a konstrukce pouzdra C-BGA a tvary vývodů.....	38
Obr. 39. Řez pouzdrem T-BGA.....	39
Obr. 40. Řez pouzdrem $\mu$ -BGA.....	39
Obr. 41. TapePak - pouzdro s montážním rámečkem.....	41
Obr. 42. Perforovaný pás s čipy – TAB.....	41
Obr. 43. Proces výroby a montáže TAB.....	42
Obr. 44. Montáž Flip Chipu na desku.....	43
Obr. 45. Provedení SMD odporových potenciometrů.....	43
Obr. 46. Provedení SMD kapacitních potenciometrů.....	44
Obr. 47. Možné provedení ostatních SMD prvků.....	44
Obr. 48. Provedení povrchově montovatelných konektorů.....	45
Obr. 49. Povrchově montovatelný pravoúhlý konektor.....	45
Obr. 50. Konektory pro speciální aplikace.....	45
Obr. 51. Dvojice konektorů určená pro spojení dvou desek plošných spojů.....	46
Obr. 52. Povrchově montovatelná patice pro pouzdra DIL.....	47
Obr. 53. Povrchově montovatelná patice pro pouzdra PLCC.....	47
Obr. 54. Přehled jednotlivých operací při montáži SMD prvků na DPS.....	48
Obr. 55. Možnosti provedení desek s klasickými a SMD součástkami.....	50
Obr. 56. Jednotlivé fáze výroby klasickou technologií.....	51
Obr. 57. SMD montáž na jedné straně.....	51
Obr. 58. SMD montáž po obou stranách DPS s dvojím přetavením.....	52
Obr. 59. SMD montáž po obou stranách DPS s jedním přetavením.....	52
Obr. 60. SMD montáž po obou stranách DPS a pájením strany B vlnou.....	53
Obr. 61. Smíšená montáž na DPS s procesem pájení přetavením.....	54

Obr. 62. Smíšená montáž na DPS s procesem pájení vlnou. ....	55
Obr. 63. Příklady štítků upozorňujících na nebezpečí ESD. ....	55
Obr. 64. Vady QFP a BGA způsobené vlhkostí. ....	58
Obr. 65. Fázový diagram pro slitiny Sn/Pb. ....	63
Obr. 66. Způsoby nanášení pájecí pasty. ....	66
Obr. 67. Pájený spoj s intermetalickými slitinami. ....	69
Obr. 68. Přední panel pájecí stanice PACE. ....	73
Obr. 69. Pájecí pero PS-90. ....	77
Obr. 70. Termopinzeta TT-65. ....	79
Obr. 71. Kalibrace termopinzety TT-65. ....	80
Obr. 72. Centrování malých nástavců. ....	81
Obr. 73. Centrování nástavců pro PLCC pouzdra. ....	82
Obr. 74. Centrování nástavce pro pouzdra SOIC/SIMMS. ....	82
Obr. 75. Příprava a údržba nástavce. ....	83
Obr. 76. Odsávačka SX-80. ....	85
Obr. 77. Připojení napájecího kabelu. ....	85
Obr. 78. Připojení vzduchové hadice. ....	86
Obr. 79. Ovládací panel horkovzdušné stanice SUNKKO. ....	92
Obr. 80. Práce s vakuovou pinzetou. ....	93
Obr. 81. Instalace nástavce na horkovzdušné pero. ....	93
Obr. 82. Instalace nástavce na horkovzdušné pero. ....	94

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Rychlost rozpouštění některých kovů v pájce .....	13
Tab. 2. Rozměry SMD rezistorů.....	20
Tab. 3. Rozměry keramických SMD kondenzátorů .....	22
Tab. 4. Rozměry plastových SMD kondenzátorů.....	23
Tab. 5. Rozměry tantalových kondenzátorů.....	24
Tab. 6. Kódování napětí pro elektrolytické kondenzátory .....	25
Tab. 7. Rozměry pouzder MELF.....	27
Tab. 8. Pouzdra pro diody.....	28
Tab. 9. Porovnání parametrů jednotlivých typů pouzder.....	40
Tab. 10. Požadavky na předměty chránící před ESD.....	56
Tab. 11. Zpracování a skladování BGA po vyjmutí z obalu.....	57
Tab. 12. klasifikace tavidel pro měkké pájení dle ČSN EN ISO 9454-1.....	60
Tab. 13. Klasifikace tavidel dle normy DIN 8511.....	60
Tab. 14. Klasifikace tavidel dle normy ČSN EN 61190-1-1:2002.....	61
Tab. 15. Porovnání tavidel podle obsahu VOC .....	61
Tab. 16. Pájecí slitiny pod 180°C.....	64
Tab. 17. Pájecí slitiny 180°C - 200°C.....	64
Tab. 18. Pájecí slitiny 200°C - 230°C.....	64
Tab. 19. Schématické zobrazení ovládní pájecí stanice PACE.....	76

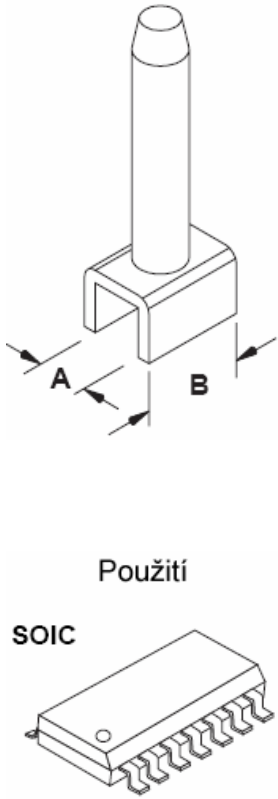



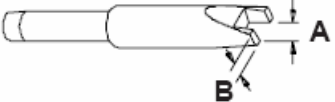
## SEZNAM PŘÍLOH

- PI Nástavce / hroty pro vyhřívané kontaktní nástroje a jejich konstanty offsetů teploty
- PII Zkušební a tréninková DPS

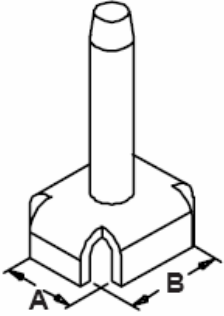
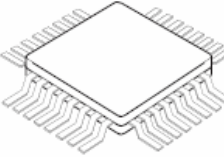
**PŘÍLOHA P I: NÁSTAVCE / HROTY PRO VYHŘÍVANÉ  
KONTAKTNÍ NÁSTROJE A JEJICH KONSTANTY OFFSETŮ  
TEPLOTY**

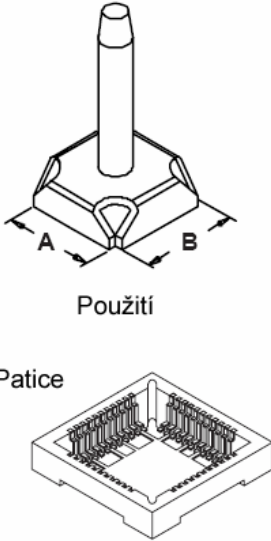
- **Nástavce pro pájecí pero PS-90**

Nástavce pro demontáž pouzder SOIC	Popis	Velikost nástavce Ax B [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
				°C	°F
 <p>Použití</p> <p>SOIC</p>	SOIC-8 (JEDEC)	5.05mm x 5.08mm	1121-0390	3	6
	SOIC -8 (EIAJ)	6.25mm x 4.83mm	1121-0438	3	6
	SOIC - 14 (JEDEC)	5.05mm x 8.99mm	1121-0391	5	9
	SOIC- 14 (EIAJ)	5.56mm x 9.14mm	1121-0377	8	14
	SOIC- 16 (JEDEC)	5.05mm x 10.2mm	1121-0392	7	12
	SOIC- 16 (EIAJ)	7.42mm x 9.91mm	1121-0439	8	14
	SOICL- 16 (JEDEC)	9.37mm x 10.7mm	1121-0393	4	8
	SOICL- 20 (JEDEC)	9.37mm x 13.3mm	1121-0394	6	11
	SOICL - 20 (EIAJ)	6.83mm x 13.0mm	1121-0378	6	11
	SOICL- 24 (JEDEC)	9.37mm x 15.8mm	1121-0395	9	17
	SOICL -24 (EIAJ)	10.6mm x 15.0mm	1121-0441	14	26
	SOICL -28 (JEDEC)	9.37mm x 18.4mm	1121-0396	11	20
	SOICL -28 (EIAJ)	10.6mm x 17.5mm	1121-0442	18	33

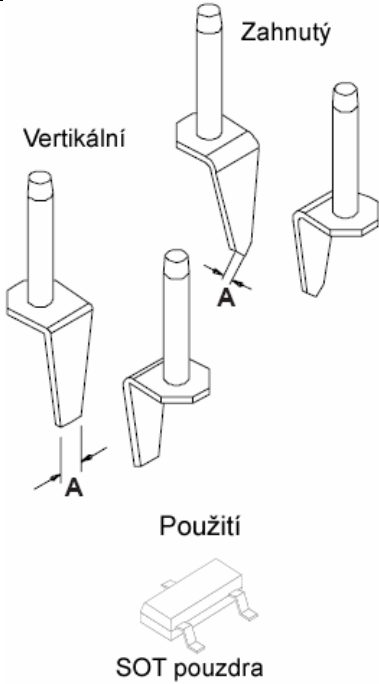
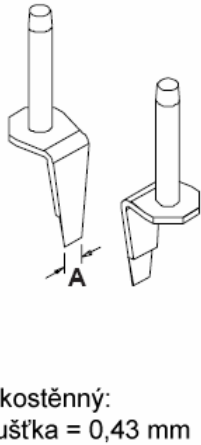
Nástavec pro demontáž čipových součástek	Velikost hrotu A x B [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
			°C	°F
	2,36 x 2,03	1121-0302		
	3,56 x 2,03	1121-0303		

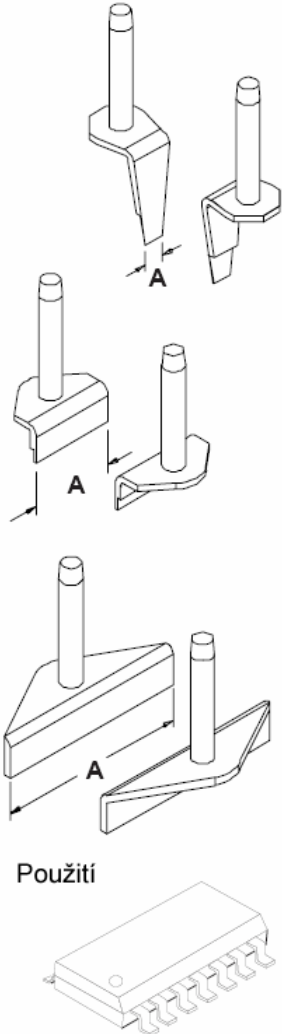
Hrot pro montáž pouzder PLCC	Popis	Velikost hrotu A [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
				°C	°F
	hrot „horký nůž“	6,6 mm	1121-0402	3	17
	hrot „horký nůž“	10,2 mm	1121-0305	13	23

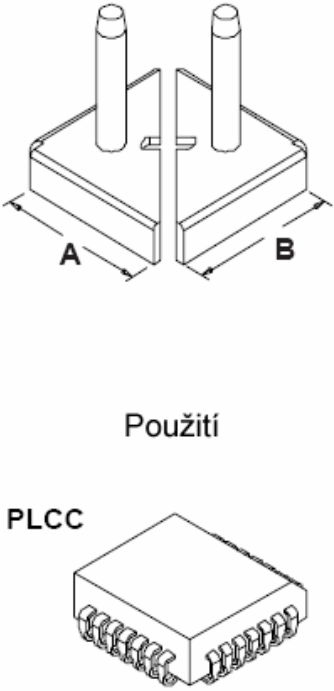
Nástavce pro demontáž pouzder PQFP	Popis	Velikost nástavce Ax B [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
				°C	°F
 <p>Použití</p> 	PQFP 32	8,4 mm x 8,4 mm	1121-0444	9	16
	PQFP 44/56	11,7 mm x 11,7 mm	1121-0445	17	30
	PQFP 44	11,7 mm x 12,7 mm	1121-0446	17	31

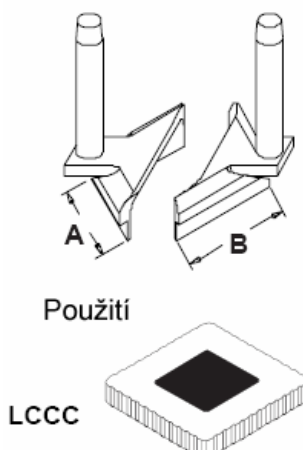
Nástavec pro demontáž patic PLCC	Popis	Velikost nástavce AxB [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
				°C	°F
 <p>Použití</p> <p>Patice</p>	PLCC-20 Patice	8,6 mm x 8,6 mm	1121-0511	3	5
	PLCC-28 Patice	11,4 mm x 11,4 mm	1121-0481	8	15
	PLCC -32 Patice	14,0 mm x 11,4 mm	1121-0429	9	16
	PLCC -44 Patice	16,5 mm x 16,5 mm	1121-0430	14	25
	PLCC -52 Patice	19,1 mm x 19,1 mm	1121-0431	22	40
	PLCC-68 Patice	24,1 mm x 24,1 mm	1121-0432	37	66
	PLCC-84 Patice	29,2 mm x 29,2 mm	1121-0482	59	107

- **Nástavce pro termopinzetu TT-65**

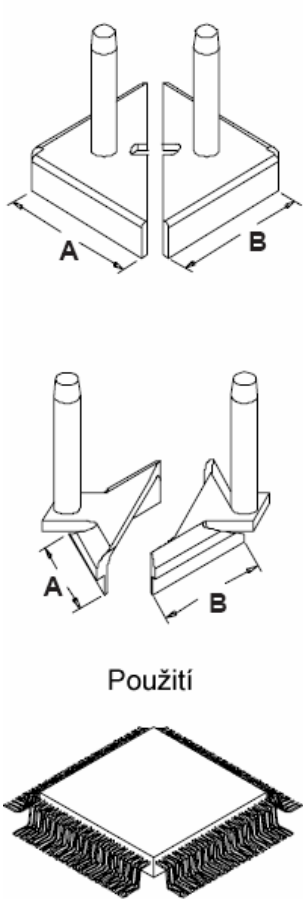
Nástavec pro demontáž čipových součástek	Velikost nástavce A [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
			°C	°F
 <p>Vertikální</p> <p>Zahnutý</p> <p>A</p> <p>Použití</p> <p>SOT pouzdra</p>	0,76	1121-0398	25	45
	2,00	1121-0313	23	42
	4,10	1121-0399	22	40
	6,40	1121-0401	21	38
	2,54	1121-0436	22	40
 <p>A</p> <p>Tenkostěnný: Tloušťka = 0,43 mm</p>	0,76	1121-0520	30	54
	2,00	1121-0521	28	50
	4,10	1121-0522	26	47
	6,40	1121-0523	24	43

Nástavec pro demontáž pouzder SOIC	Velikost nástavce A [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
			°C	°F
 <p>Použití</p>	6,4	1121-0523	22	40
	7,6	1121-0512	8	14
	10,2	1121-0514	11	19
	12,7	1121-0473	9	16
	17,8	1121-0416	13	23
	20,3	1121-0497	13	23
	25,4	1121-0448	17	30
	31,8	1121-0495	40	72
	38,1	1121-0475	29	53
	50,8	1121-0477	33	59

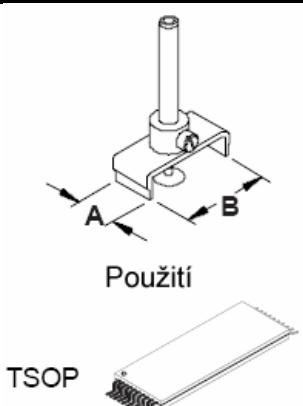
Nástavec pro demontáž pouzder SOIC	Popis	Velikost nástavce AxB [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
				°C	°F
 <p>Použití</p> <p>PLCC</p>	PLCC-18	8.64 mm x 5.84 mm	1121-0314	15	27
	PLCC-20	6.86 mm x 6.86 mm	1121-0316	10	18
	PLCC-28	9.4 mm x 9.4 mm	1121-0317	15	27
	PLCC-28R	12.4 mm x 7.4 mm	1121-0492	0,8	33
	PLCC -32	12.2 mm x 9.65 mm	1121-0352	0,8	33
	PLCC -44 PQFP-84	14.5 mm x 14.5 mm	1121-0318	26	47
	PLCC -52 PQFP-100	17.0 mm x 17.0 mm	1121-0319	24	43
	PLCC-68 PQFP-132	21.9 mm x 21.9 mm	1121-0320	33	59
	PLCC-84 PQFP-160	26.9 mm x 26.9 mm	1121-0321	49	88
	PLCC-100	32.5 mm x 32.5 mm	1121-0405	56	101

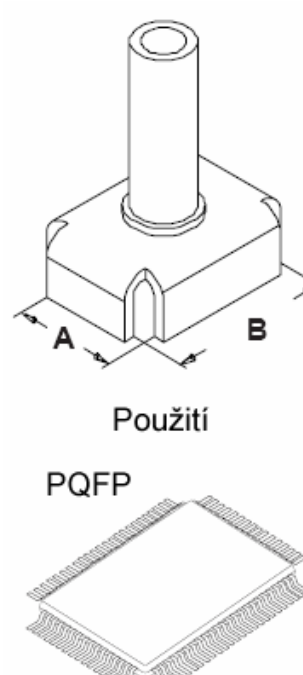
Nástavec pro demontáž pouzder LCCC	Popis	Velikost nástavce AxB [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
				°C	°F
	<p>Nástavce pro demontáž pouzder LCCC a fine-pitch PQFP</p> <p>Tloušťka stěny 0,64mm</p> <p>Standardní výška 7mm</p>	6,6 mm x 6,6 mm	1121-0417-P1	15	27
		7,11 mm x 7,11 mm	1121-0419-P1	13	24
		7,87 mm x 7,87 mm	1121-0421-P1	18	32
		8,13 mm x 8,13 mm	1121-0423-P1	19	34
		9,16 mm x 8,89 mm	1121-0425-P1	18	33
		13,2 mm x 13,2 mm	1121-0427-P1	26	46

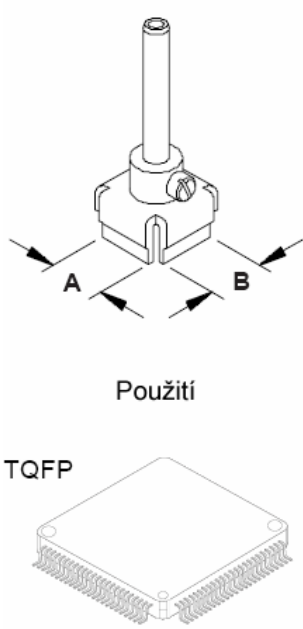


Nástavec pro demontáž pouzder PQFP	Popis	Velikost nástavce AxB [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
				°C	°F
 <p>Použití</p>	PQFP-84	14,5 mm x 14,5 mm	1121-0318	26	47
	PQFP-100	17,0 mm x 17,0 mm	1121-0319	24	43
	PQFP-132	21,9 mm x 21,9 mm	1121-0320	33	59
	PQFP-160	26,9 mm x 26,9 mm	1121-0321	49	88
	PQFP-304	41,7 mm x 41,7 mm	1121-0491	68	122
	PQFP-80/100	16,8 mm x 22,9 mm	1121-0560	33	59
	PQFP-100	13,2 mm x 13,2 mm	1121-0540	26	46
	PQFP-80/100	11,2 mm x 11,2 mm	1121-0542	20	36

- Nástavce pro odsávačku SX-80

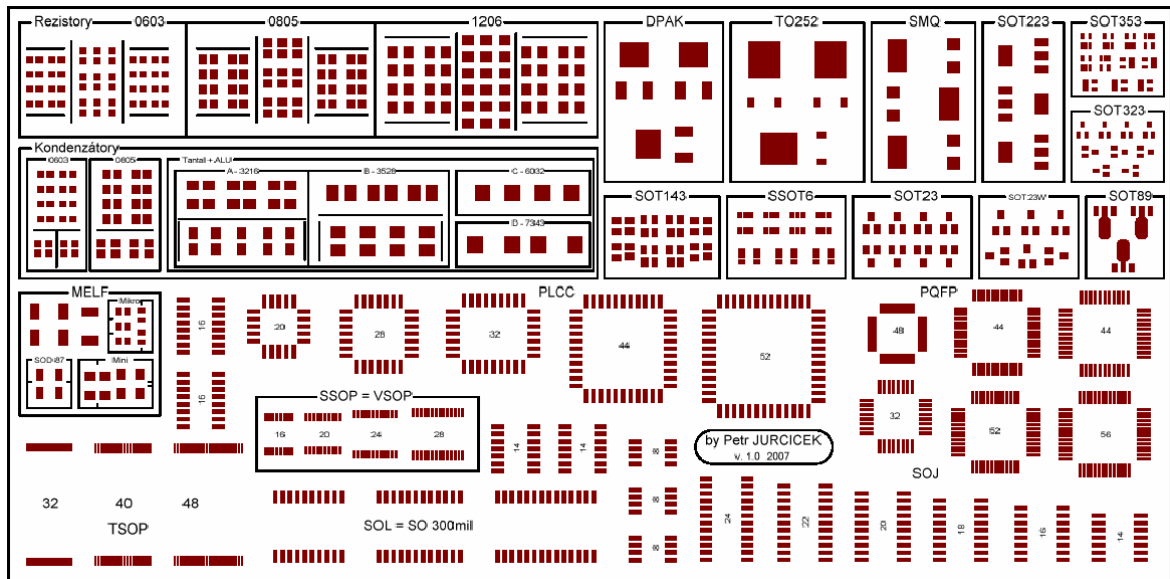
Nástavec pro demontáž pouzder TSOP	Popis	Velikost nástavce AxB [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
				°C	°F
 <p>Použití</p> <p>TSOP</p>	TSOP-28	8,1 mm x 12,7 mm	1121-0567	11	20
	TSOP-32	8,1 mm x 19,3 mm	1121-0566	16	29
	TSOP-40	9,9 mm x 19,3 mm	1121-0568	18	33
	TSOP-56	14,2 mm x 19,3 mm	1121-0569	20	36

Nástavec pro demontáž pouzder PQFP	Popis	Velikost nástavce AxB [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
				°C	°F
 <p>Použití</p> <p>PQFP</p>	Flat Pack	15,5 mm x 21,6 mm	1121-0322-001	35	63
	Flat Pack	16,8 mm x 22,9 mm	1121-0322-002	34	62
	PQFP-68 Bumper	15,7 mm x 15,7 mm	1121-0323	36	64
	PQFP-64/80	15,7 mm x 15,7 mm	1121-0484	30	54
	PQFP-84	18,3 mm x 18,3 mm	1121-0324	39	71
	PQFP-100	20,8 mm x 20,8 mm	1121-0325	48	87
	PQFP-132	25,9 mm x 25,9 mm	1121-0326	64	116
	PQFP-144	29,2 mm x 29,2 mm	1121-0456	76	136
	PQFP-208	30,2 mm x 30,2 mm	1121-0544	77	139
	PQFP-160	31,0 mm x 31,0 mm	1121-0351	77	139
	PQFP-196	36,3 mm x 36,3 mm	1121-0483	112	201

Nástavec pro demontáž pouzder TQFP	Popis	Velikost nástavce Ax B [mm]	Výrobní číslo	Konstanta offsetu teploty	
				°C	°F
 <p>Použití</p> <p>TQFP</p>	TQFP-28	8,2 mm x 8,2 mm	1121-0571	9	16
	TQFP-32	8,7 mm x 8,7 mm	1121-0572	11	20
	TQFP-52	12,0 mm x 12,0 mm	1121-0573	20	36
	TQFP-40	12,0 mm x 12,0 mm	1121-0574	17	31
	TQFP-80	13,2 mm x 13,2 mm	1121-0575	19	34
	TQFP-80/100	15,3 mm x 15,3 mm	1121-0576	24	43

## PŘÍLOHA P I: ZKUŠEBNÍ A TRÉNINKOVÁ DPS

Deska plošného spoje uvedená na obr. slouží na trénink montáže a demontáže mnoha typů součástek SMD všemi způsoby uvedenými v praktické části.



Tato DPS byla navržena v programu Eagle Layout Editor.