**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**SPAJKOVANIE VLNOU**

**Typy vĺn v technológii spájkovania vlnou**

**Jednoduchá vlna -**najrozšírenejší typ vlny, je vhodná len pre malú integráciu súčiastok a pre väčšie súčiastky

**Dvojitá vlna -** DPS prichádza najskôr do kontaktu s turbulentnou vlnou, ktorá má relatívne vysokú vertikálnu rýchlosť. Zabezpečuje dobrý kontakt roztavenej spájky s vývodmi súčiastok a zároveň zabraňuje vzniku spájkovacích „tieňov“ - miest nepokrytých spájkou. Druhá, laminárna vlna završuje proces spájkovania,

vypĺňa priestor medzi vývodom súčiastky a otvorom, resp. kontaktnou plôškou, odstraňuje nadbytočnú spájku aj nežiaduce „mostíky“.

Úlohou prvej turbulentnej vlny je zmáčať povrch spájkou, pričom výskyt skratov je druhoradý. Druhá, laminárna tzv. plochá Λ vlna, odstraňuje prebytočnú spájku a znižuje riziko vzniku mostíkov. DPS sa pohybuje proti smeru toku spájky, pričom pri jej vstupe do vlny vzniká maximálna turbulencia. Keď teplota základného materiálu prekročí bod tavenia spájky, dochádza ku zmáčaniu, roztekaniu, vzlínaniu a difúzii spájky do základného materiálu. Povrchové napätie udržuje spájku v oblasti spoja a vlastná hmotnosť sa ju snaží oddeliť. Rovnováha možno ju dosiahnuť iba v laminárnej časti vlny optimálnym zladením rýchlosti dopravníka a rýchlosti prúdenia vlny.

nájazdový uhol (6-8)º. horúcovzdušný nôž pod uhlom (45 – 70)º a tlakom (200- 300) kPa - odstraňuje prebytočnú spájku a eliminuje možnosť tvorby mostíkov a spájkovacích „tieňov“.,

**Dutá vlna -** silný prúd pri spájkovaní súčiastok sťahuje DPS spolu so súčiastkami dolu. Prúd dutej vlny sa pohybuje rýchlosťou (1-2) m/s a prúdenie spájky okolo

prekážok (vývody súčiastok) je laminárne. platí zásada, že rýchlosť dopravníka DPS a rýchlosť prúdu spájky sú rovnaké. teplota spájky je 260°C, bez noža

**Typickými znakmi spájkovania vlnou sú:**

- Zdvihnutá výška prvej vlny od 10 mm do 20 mm: dostatočný namáčací čas 4-5s

- Zmenšená vzdialenosť medzi prvou a druhou vlnou (od 150mm -70 mm).

- Redukcia poklesu teploty na minimum.

- Zvýšený tlak prietoku spájkovacej vlny. Väčší kontakt súčiastok THT a spájky s DPS.

- Pomáha obnoviť teplotu druhej spájkovacej vlny.

- Chladenie redukuje zdvih súčiastok, aplikovať veľmi rýchly chladiaci systém: > 5°C/s.

**Výhodou** : možnosť efektívneho masového automatizovaného spájkovania, najmä pri spájkovaní súčiastok prepojovaných pomocou pokovených otvorov, kde je táto metóda vhodnejšia ako spájkovanie pretavením.

**Nevýhoda**: vo vysokej energetickej náročnosti – spájkovacia zliatina sa

musí neustále udržiavať pri teplote okolo 250˚C ,veľka teplotna záťaž osadenejj DPS pri vstupe do spájkovacej vlny. je odporúčané používať dusík

**Problémy vznikajúce pri spájkovaní vlnou**

**Nedostatočné vyplnenie otvorov:** teplota spájky je príliš nízka,

- znečistenie spájky, - nerovnomernosť spájkovacej vlny,- teplota predohrevu je príliš vysoká/nízka, - znečistenie tavidla alebo jeho nedostatočná merná hmotnosť (hustota), - rýchlosť dopravníka je príliš vysoká alebo uhol nábehu do vlny je príliš malý, - DPS alebo súčiastky majú zlú spájkovateľnosť, -- nedostatočná účinnosť tavidla.

**Vznik spájkovacích mostíkov a „kvapľov“:** teplota roztavenej spájky je príliš nízka, - spájkovacia vlna je príliš veľká alebo nerovnomerná, - znečistenie spájky, - nesprávne nastavená teplota predohrevu (príliš vysoká/nízka). - znečistenie tavidla alebo jeho príliš nízka hustota (merná hmotnosť), - parametre nanášania tavidla sú nesprávne nastavené, - príliš vysoká rýchlosť dopravného pásu alebo príliš malý nájazdový uhol, - zlá spájkovateľnosť DPS alebo súčiastok, - vývody súčiastok sú príliš dlhé, - nadmerná naplavovanie spájky, - nedostatočná účinnosť tavidla.

**Vznik guľôčok spájky**: - nesprávne nastavená teplota predohrevu (príliš vysoká/nízka), - príliš vysoká teplota spájky,- spájkovacia vlna je príliš vysoká alebo nerovnomerná, - znečistenie tavidla alebo jeho príliš nízka hustota (merná hmotnosť), - nadmerné množstvo tavidla, - príliš veľká rýchlosť dopravného pásu,

- nekvalitná spájkovacia maska – neúčinné vytvrdzovanie.

**Odlupovanie spoja:** dôsledku zmršťovania spoja počas chladnutia, rozdielny koeficient teplotnej rozťažnosti spájky, medenej spájkovacej plôšky a materiálu samotnej DPS, 1. spájka sa odlupuje od spájkovacej plôšky, 2. spájkovacia plôška sa odlupuje od podložky, 3. dochádza k vzniku trhliny v spájkovacom spoji.

**Vynechané a nespájkované miesta**: - spájkovacia vlna je nerovnomerná alebo príliš nízko, - príliš vysoká teplota predhrevu, - tavidlo je znečistené alebo má príliš veľkú mernú hustotu, - tavidlo nevytvára kontakt s DPS, t.j. nanášanie tavidla je nerovnomerné, alebo príliš malé, nadmerné prefukovanie tavidla pri jeho nanášaní tryskou, - príliš vysoká rýchlosť dopravného pásu, - spájkovacie tiene – nutnosť použitia duálnej vlny.

Chyby vzhľadu: - nadmerné naplavenie tavidla, - príliš nízka teplota predohrevu,

- príliš krátky čas pôsobenia spájkovacej vlny, - neúčinný proces čistenia,

- dlhší čas od spájkovania po čistení DPS od zvyškov tavidla, - nekvalitná spájkovacia maska – neúčinné vytvrdzovanie

**Eletrochemická a termálna migrácia a znížené hodnoty povrchového izolačného odporu: -** zvyšky chloridov alebo iných iónov na DPS a/alebo súčiastkach,

- hygroskopické znečistenie DPS a/alebo súčiastok,

- nevhodná úprava DPS vo výrobe, alebo neúčinné čistenie po spájkovaní,

- použitie bezoplachového spájkovacieho tavidla s nevhodným zložením,

- neúčinný proces čistenia.

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**SPAJKOVANIE PRETAVENIM**

umožňujú maximálnu hustotu osadenia a použitie aj tých konštrukčných dielov, ktoré sa nemôžu používať pri spájkovaní tekutými postupmi. spájka sa vo forme spájkovacej pasty nanáša na miesto spájkovaného spoja ešte pred samotným spájkovaním, proces predhrievania, pričom sa odparujú niektoré

kvapalné zložky pasty, mení sa jej viskozita a zabraňuje sa prístupu vlhkosti z okolitého prostredia, aktivujú zložky tavidla, ktoré dezoxidujú a čistia spájkované plochy a povrch práškových častíc spájky pri postupnom zvyšovaní teploty do (75–80)°C, Pri simultánnom spájkovaní typu pretavenie dochádza vplyvom povrchového napätia roztavenej spájky k vystredeniu prvkov, Spájkované plochy by mali byť rovnakej veľkosti, požiadavka rovnomerného množstva nanesenej pasty na oboch stranách súčiastky, nesplnenie čoho vytvára podmienky pre vytvorenie efektu dvíhania súčiastok

**Spájkovanie infračerveným žiarením:**

DPS sú vystavené infračervenému (IČ) žiareniu**,** časť žiarenia odrazí, časť absorbuje a časť nimi prechádza. Najväčším problémom je skutočnosť, že absorpcia žiarenia montážnymi prvkami, pastou

a substrátom DPS je veľmi rozdielna. nutnosť chrániť tmavé plastické puzdra

reflexným náterom, teplota pretavenia pasty (asi 230°C)= zdroj žiarenia teplotu

až okolo 2000°C=halogénové alebo volfrámové žiaričem

**Princíp reflow pecí s dopravníkovým pásom:**

• DPS prechádza cez oddelené zóny ohrevu, • teplota jednotlivých zón ohrevu môže byť kontrolovaná samostatne, • teplotný profil pretavenia je daný teplotou jednotlivých zón ohrevu a rýchlosťou dopravníka.

Rozmiestnenie termočlánkov na testovacej DPS je dôležitou časťou merania teplotného profilu u pecí s dopravníkovým pásom, Teplota 250°C sa univerzálne odporúča ako maximálna teplota pre všetky spájkované spoje na DPS, Aby sme sa vyhli poškodeniu súčiastok, výrobcovia často odporúčajú rýchlosť nárastu teploty a rýchlosť chladenia po spájkovaní udržať pod úrovňou 3°C /s= vzťahuje k ohrevu aj ku ochladzovaniu

**Spájkovanie horúcim plynom:**

pre malosériovú výrobu, výrobu prototypov v laboratórnych podmienkach a pre opravy - výmenu chybných súčiastok

povrchovej montáže, Systémy zahrňujú generátor horúceho plynu s extrémne krátkym nábehom požadovanej teploty, pričom teplota plynu je o desiatky stupňov vyššia ako teplota pretavenia pasty,

**Spájkovanie v dusíkovej atmosfére:**

Kombinácia IČ spájkovania a spájkovania horúcim plynom sa aplikuje v prietokovom IČ spájkovaní v dusíkovej atmosfére, Vyhrievacími telesami vyhriaty plyn cirkuluje v uzavretej komore a pretavuje spájkovú pastu, pričom nedochádza ku kritickej kumulácii tepla v prvkoch osadenej DPS.

**Spájkovanie laserom:**

Laser predstavuje rovnobežný zväzok koherentného monochromatického svetla, ktorý možno veľmi dobre opticky spracovať. Po dopade žiarenia na povrch spájkovaného miesta dochádza ku jeho odrazu, rozptylu a absorpcii.

Absorbované žiarenie spôsobí ohriatie materiálov a následné pretavenie spájkovacej pasty. Veľkosť ohrevu závisí od plošnej hustoty výkonu žiarenia v pracovnom bode, na povrchových podmienkach, tepelných vlastnostiach spájkovaného materiálu, na vlnovej dĺžke laserových impulzov

**Impulzné - odporové spájkovanie**

pri ktorom je nástroj prispôsobený rozmeru a tvaru súčiastky v priamom kontakte so spájkovanými materiálmi a v pracovnej polohe zohrievaný

elektrickými impulzmi. nie je vhodné pre sériovú výrobu. Jeho výhodou je relatívne nízka cena technologického vybavenia, jednoduchá a presná regulácia teploty spájkovania.

**Spájkovanie vedením tepla**

technológie výroby hybridných integrovaných obvodov a nekonvenčných aplikácií na keramických podložkách. Počas predohrevu dochádza k odpareniu rozpúšťadiel a aktivátorov z tavidiel, je nevyhnutný z dôvodu zabránenia

vzniku bubliniek a iných nežiaducich efektov pri tvorbe spoja. Vlastné pretavenie prebieha pri dosiahnutí teploty tavenia spájkovacej zliatiny

**Spájkovanie ručnou spájkovačkou**

v oblasti opráv a pri výmene chybných súčiastok, pri montáži špeciálnych elektronických prvkov, uskutočňuje prostredníctvom hrotu spájkovačky podľa štandardných postupov, Najväčšou nevýhodou tejto metódy je nízka produktivita a zlá reprodukovateľnosť, Pre vytvorenie kvalitného spoja: • teplota v spájkovanom spoji nesmie prekročiť 300°C, • teplota hrotu, kontrolovaná senzorom teploty, je v rozmedzí (320-350)˚C, • spájkovačky musia mať jednoduchú a spoľahlivú reguláciu teploty, ovládanú automaticky, ktorá umožní dosiahnutie požadovanej teploty, v čo najkratšom čase, v opačnom prípade hrozí riziko degradácie súčiastok a dochádza k nadmernému nárastu hrúbky difúznej vrstvy, teda k vytvoreniu nespoľahlivých spojov, z pohľadu dlhodobého starnutia,

• doba spájkovania má byť maximálne v rozpätí (1–4) s.

proces: spájkovačka zahriatím spájkovacieho hrotu na teplotu spájkovania, kedy sa spájkovací hrot pokryje tenkou vrstvičkou spájky a očistí sa ľahkým otrením o čistú, vlhkú podložku určenú na otieranie hrotu, Teplota hrotu je pri bezolovnatých spájkach (371-427)°C. Nad 427-potenciálnym poškodením DPS alebo súčiastky. pod 427 vznik studeného spoja a vznik výstupkov spájky – ostrohov, počas vyťahovania hrotu zo spájkovaného spoja.

tavidlo=kolofónia RMA v spájkovacom drôte s jadrom

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**SPAJKOVANIE PRETAVENIM**

a) **Spájkovací drôt**: zliatiny na báze 52In48Sn, 58Bi42Sn, 97In3Ag, 100In96,5Sn3,5Ag, 100Sn, 80Au20Sn, najčastejšie zliatiny: SnAgCu – 55%, SnCuNi –12%, SnAg - 7%, SnCu – 2%, SnAgCuBi – 1%, SnBi –1%.

najčastejšie používané tavidlá sú: na báze prírodnej živice a syntetickej živice

**b) Spájkovačky pre ručné spájkovanie**

spájkovačky s výkonom 15W až 30W, Hrot by mal byť tak malý, aby bol spoj počas spájkovania dostatočne viditeľný, ale dostatočne veľký na to, aby dochádzalo k rýchlemu vedeniu tepla potrebného k zvýšeniu teploty spájkovaných povrchov na teplotu tavenia spájky

**c) Spájkovacie hroty**

Hrot by mal byť tak malý, viditeľný, ale dostatočne veľký na to, aby došlo k rýchlemu prestupu tepla potrebného k zvýšeniu teploty spoja na teplotu tavenia spájky, v tvare „dláta” s rozmerom 1,25 mm a 2 mm

**d) Spájkovačky s regulátorom teploty**

z predĺženého ohrievača s dutým spájkovacím hrotom, na konci ktorého je umiestnené výhrevné teleso a teplotný senzor na snímanie teploty hrotu

Ohrievač je zložený z vonkajšieho okolo vnútorného vodivého plášťaVo vnútornom vodivom plášti sa nachádza drôt z konštantánu prepojený s puzdrom. Toto prepojenie puzdra s konštantánovým drôtom vytvára termočlánok

Termostat sníma teplotu v mieste termočlánku a automaticky upravuje napätie medzi rúrkovitým vodičom a vnútorným plášťom tak, aby bola teplota udržiavaná na požadovanej hodnote.

**e) Spájkovačky s vysokofrekvenčným prúdom**

majú rýchlejší ohrev a lepšiu schopnosť udržať požadovanú teplotu na konštantnej hodnote, majú pripojený teplotný senzor k regulátoru teploty a ohrievaciu cievku k výkonnému zdroju. Teplotný senzor aj cievka sú ovinuté okolo keramického jadra. konštrukcie jednoduchšia

**f) Spájkovačky na báze kvapalného média sprostredkujúceho prenos tepla**

teleso poskytuje teplo prvej teplopriepustnej oblasti spájkovacieho telesa.

Médium slúžiace na prenos tepla absorbuje tepelnú energiu z výhrevného telesa, pričom sa mení z kvapalnej fázy na plynnú. Plynná fáza dodáva tepelnú energiu druhej teplopriepustnej oblasti, ktorá slúži na prenos tepla do miesta spájkovania

**g) Postup pri ručnom spájkovaní**

**1. Osadzovanie súčiastok: vývody**

súčiastky sa ohnú do požadovaného tvaru a vložia do príslušných otvorov, Počas spájkovania je možné súčiastku fixovať, na spodnej strane jej vývody do uhla 45°

Vzdialenosť ohybu vývodu od súčiastky by mala byť aspoň dvojnásobok priemeru vývodu. Minimálny vnútorný polomer ohybu vývodu by mal byť rovný jeho

priemeru.

**2. Príprava spájkovacieho hrotu:**

pod uhlom okolo 45°. Spájkovací hrot musí byť čistý a tesne pred samotným spájkovaním pospájkovaný. aplikovaním čistej spájky a tavidla na spájkovací hrot, čím dôjde k jeho pokrytiu tenkou vrstvou spájky, Ak pospájkovanie hrotu nie je realizované, hrot môže oxidovať a znehodnotiť kvalitu spoj. Odstránenie zoxidovania hrotu je často ťažké, až nemožné. Medené hroty môžu byť

očistené pilníkom, ale pokovené hroty nie,= poškodeniu tohto pokovenia.

**3. Spôsob aplikácie spájky počas spájkovania**

Spájku aplikujeme rýchlo na miesto spájkovaného spoja a to tesne vedľa hrotu spájkovačky a nie priamo na hrot. Spájka by sa mala rýchlo roztiecť okolo súčiastok, dokončený behom 2 sekúnd. Ak proces trvá 5 sekúnd, potom je použitý buď príliš malý hrot, alebo spájkovačka s malým výkonom

**4. Odstránenie spájkovacieho hrotu zo spájkovacieho spoja**

Keď je povrch spájkovacej plôšky úplne pokrytý spájkou, je možné prestať pridávať ďalšiu spájku a odtiahnuť hrot spájkovačky , Nepohybujte spojom počas niekoľkých sekúnd v opačnom prípade vznikne „studený” spoj

**5. Skrátenie presahujúcich vývodov súčiastok**

Vývody súčiastok neskracujeme tesne v mieste okraja spájkovaného spoja na strane vývodu, ale ponecháme medzi týmto okrajom a miestom skrátenia vývodu malý voľný priestor, aby nedošlo k oddeleniu spájky od vývodu v dôsledku namáhania počas strihania

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**SPÁJKOVANIE PONOROM**

Súčasti sa ponoria na určitú dobu do kúpeľa v závislosti na druhu, tvare a množstve spájkovaných objektov. Pri mäkkom spájkovaní ponorom sa súčasť

ponorí do kúpeľa na (3-10) s, pri tvrdom spájkovaní na (0,2-20) min. Roztavený kúpeľ zabraňuje prístupu vzduchu k spájkovanému miestu, takže nie je možná povrchová oxidácia.- • v soľnom kúpeli, • v kúpeli tavidla, • v kovovom kúpeli.

výhody: • rovnomerný ohrev všetkých súčastí, • vysoká rýchlosť ohrevu ,

• ohrev súčastí bez prístupu vzduchu (ochrana voči oxidácii ),

• ľahká kontrola a regulácia pracovnej teploty kúpeľa,

• možnosť spájkovania samostatných kusov, ale aj hromadné spájkovanie,

• jednoduchosť mechanizácie alebo automatizácie spájkovania,

• možnosť spojenia spájkovania s tepelným spracovaním.

Nevýhodouspájkované súčasti musia byť úplne suché, pretože by

mohlo dôjsť k explózii kúpeľa

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**Špecifiká spájkovania pretavením**

**1. Nanášanie spájkovacej pasty na DPS**: proces nanášania spájkovacej pasty výrazne ovplyvňuje kvalitu spájkovaných spojov. Tiež je možné naniesť pred osadením súčiastok adhezivá, aby držali súčiastky pred procesom a počas procesu pretavenia. najdôležitejšie technologické postupy pri výrobe

elektronických aplikácii patrí kvalitné nanesenie pasty a jej pretavenie. Výška depozitu spájkovacej pasty, jeho plocha a objem určujúce faktory kvality tlače

viacero postupov

**- dávkovací spôsob nanášania pomocou dávkovačov, tzv. dispenzérov**,

používa na ručné nanášanie spájkovacích pást alebo adhezív, prípadne pri oprave alebo výmene niektorých typov súčiastok

**Pri tlakovom nanášaní s definovanou dobou** je pasta pretláčaná po určitý definovaný čas dávkovacou hlavicou s tryskou v tvare injekčnej striekačky. Na piest pôsobí konštantný tlak stlačeného vzduchu (bežne 0,3 MPa) počas požadovanej doby tak, aby bol vytlačený potrebný objem spájkovacej

pasty

**Nanášanie s využitím dávkovača s rotačnou pumpou** sa používa pri pastách alebo inýchmateriáloch, ktoré vyžadujú pri transporte premiešavanie. Zásobník s pastou je pod konštantným tlakom cca 50 KPa, vreteno svojou rotáciou posúva pastu cez trysku na substrát

**Nanášanie tryskaním kvapiek (micro-jetting)-** úplne bezkontaktné nanášanie, kvapky materiálu je možné hromadiť do ľubovoľných tvarov a štruktúr a to pri vysokej rýchlosti nanášania

**Nanášanie pasty laserom** používa nosič pasty s hrúbkou (20-100) μm s nanesenou vrstvou pasty o hrúbke (10-50) μm, ktorá sa nanesie na substrát ožiarením laserovým lúčom

**- pretláčaním spájkovacej pasty cez kovovú alebo sieťotlačovú šablónu**

dobrá opakovateľnosť, rýchla a presná aplikácia spájkovacej pasty pri veľkých sériách bez nebezpečenstva vytvárania skratov aj pri motívoch s veľkým množstvom malých spájkovacích plôch

pomerne vysoká cena kovových šablón, ktorá sa odvíja od typu a hrúbky materiálu, od spôsobu ich výroby a rovnako tiež nevyhnutnosť ich výmeny pri každej zmene motívu

Množstvo nanesenej spájkovacej pasty závisí na hrúbke šablóny a na

reologických vlastnostiach pasty.

sledované parametre patria: - rýchlosť pohybu stierky,- tlak a uhol stierky,

- návrh tvaru a veľkosti spájkovacej plôšky na DPS, - hrúbka a Aspect Ratio kovovej masky, - typ pasty.

Sieťka sa vyrába prevažne z nehrdzavejúcej oceľovej sieťoviny, z polyesterovej sieťoviny alebo z nehrdzavejúcej oceľovej sieťoviny pripevnenej k polyesterovej sieťovine

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**ŠABLÓNA** sa vyrába obyčajne z bronzu, z nehrdzavejúcej ocele, z niklu, z alpaky alebo z plastovej fólie: výhoda - vysoká odolnosť voči opotrebeniu a najmä garancia zachovania geometrických rozmerov depozitu pasty.

Nevýhodou nákladovosť spojená s nutnosťou vyrábať pre každý motív osobitnú šablónu

**A) Aplikácia spájkovej pasty** : spravidla aplikovaná tlačou cez šablónu gumenou stierkou. Otvory v šablóne majú byť navrhnuté tak, aby optimálne množstvo spájkovacej pasty sa tlačou dostalo na spájkovacie plôšky na substráte DPS.

Šablóna rezaná laserom umožňuje tlač jemných motívov na bez nebezpečenstva vytvárania závojov, Nevýhodou šablón, ktorých motívy sú vytvárané chemickým leptaním, je horšia kvalita tlače,

čistenie: rozpúšťadlá doporučené výrobcom pasty alebo šablóny, napr. izopropyl-alkohol

**B) Technológie výroby motívu na šablóne**

**Metóda chemického leptania** je najlacnejšia metóda výroby motívu pre kovovú šablónu. Ide o subtraktívnu metódu, kde sa na očistenú kovovú fóliu z oboch strán nanesie vhodný fotorezist. Exponovaním požadovaného motívu cez filmovú predlohu ultrafialovým svetlom sa vytvrdia plochy na šablóne, ktoré nemajú byť odleptané. Neexponovaný fotorezist sa na miestach, kde má vzniknúť otvor,

opláchne

**Metóda rezania otvorov laserom** je cenovo náročnejšia ako chemické leptanie kovových šablón, no značne presnejšia, zaniká potreba vytvárania filmových predlôh a chemických procesov. Motív šablóny je vytvorený priamo pomocou zákazníckych dát

**Metóda elektrolytického formovania šablón** je považovaná za najdokonalejšiu pre výrobu motívov na kovovej šablóne, poskytuje takmer dokonalé polohovanie a reprodukovanie strany stien a nízke povrchové napätie zlepšujúce uvoľnenie pasty. Šablóna je bez geometrických obmedzení, vytvorená nanesením fotorezistu na vhodný podklad tam, kde sa majú nachádzať otvory a následne sa plátuje. pre veľmi jemné rozstupy vývodov (0,2 mm–0,4 mm).

**C) Geometrické pomery pri návrhu motívov šablón**

**a) Profil otvoru v šablóne -** Lichobežníkový otvor sa môže používať na zlepšenie oddelenia spájkovacej pasty, rozmer „Z“ lichobežníka,

**b) Veľkosť otvorov v šablóne -** s rastúcou miniaturizáciou otvorov v šablóne klesá hrúbka použitej kovovej šablóny, použitie čo najväčšej možnej hrúbky šablóny pri **zachovaní tzv. Area Ratio a tzv. Aspekt Ratio**

**Aspect Ratio** predstavuje pomer priemeru otvoru voči hrúbke šablóny - pomer šírky otvoru voči hrúbke šablóny by nemal klesnúť pod 0,66 Aspect Ratio

**Area Ratio** (t.j. pomer plochy otvoru voči ploche vnútorných stien otvoru)

nesmie klesnúť tiež pod 0,66. Area Ratio

**je nevyhnutné orientovať sa podľa rozmerov najmenších otvorov v motíve šablóny**

**efektivita pretláčania pasty**, ktorá môže byť interpretovaná ako pomer objemu reálne nanesenej pasty voči objemu otvoru v šablóne

Pri poklese parametra Area Ratio pod 0,66 dochádza k poklesu efektivity pretlačenia spájkovacej pasty pod hranicu 70 %. Pri Area Ratio nad túto hodnotu je efektivita pretláčania vysoká, naopak pri poklese Area Ratio pod 0,66 efektivita pretláčania prudko klesá

**c) Životnosť šablóny a vplyv okolitého prostredia na kvalitu tlače**

**nepoužíva až do konca ich životnosti z dôvodov: -** zmena schémy elektrického obvodu (teda zmena motívu šablóny), - optimalizácia procesu (korekčná činnosť), - poškodenie, neopatrné zaobchádzanie, - predčasné opotrebenie (nesprávne používanie). Šablóna by sa mala dôkladne čistiť pred tlačou a tiež po tlači. Čistiace rozpúšťadlo môže byť izopropyl alkohol

**d) Riešenie chýb procesu tlače cez šablónu**

**Ideálne podmienky tlače sú nasledovné** -Pasta roluje po šablóne, Stierka sa pohybuje pokojne rovnakým tlakom pozdĺž celej dĺžky ostria. Stierka súčasne čistí šablónu

**Pre správne nanesenie - podmienky okolitého prostredia:**

**a) Nadmerná teplota:** **prijateľné (teplota v rozsahu 22°C -26 °C).**

**b) Vlhkosť:** **relatívna vlhkosť vzduchu udržiavaná v rozsahu 40 % -50%)**

**c) Skladovanie spájkovacej pasty: pri teplote 4°C.** **nemal prúdiť teplý ani studený vzduch, spôsobujúci rýchlejšie vysúšanie pasty**

**d) Podmienky tlače pasty: teplota a vlhkosť**

**e) Príprava spájkovacej pasty: aklimatizácia Typická od 4 do 6 hodín**

**f) Príprava spájkovacej pasty – premiešanie mieša jemne, tým istým**

**smerom 1 až 3 minúty pomocou vhodného zariadenia (mixera).**

**g) Nanášanie spájkovacej pasty na šablónu : Počiatočné množstvo spájkovacej pasty by malo byť aplikované na celej šírke motívu na šablóne**

**h) Skladovanie nádob s otvorenou spájkovacou pastou: keď už sa raz otvorí nádoba so spájkovacou pastou, nemala by sa opätovne ochladzovať v chladničke, ponechá sa pri izbovej teplote do opätovného použitia.**

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**STIERKA**

výrobu stierky polyuteránový plast alebo tvrdá

nerezová oceľ, s povrchovou úpravou pre zníženie adhézie pasty.

Najdôležitejšie parametre stierky sú: prítlak, uhol zrezania čepele, uhol náklonu stierky, rýchlosť pohybu a jej dĺžka

Prítlak stierky musí byť čo najnižší -čepeľ stierky zanecháva po prechode na povrchu kovovej šablóny tavidlo, ktoré znižuje trenie stierky o šablónu, a tým predlžuje ich životnosť.- Rýchlosť pohybu a prítlak stierky - Hraničná rýchlosť pohybu stierky je daná schopnosťou pasty dokonale rolovať po hornej strane šablóny - rýchlosť tlače je od 20 do 140 mm/s, pričom optimálna hodnota prítlaku sa pohybuje medzi 80 až 120 N/m - Uhol náklonu čepele stierky sa používa od 45° do 60°

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**VISKOZITA A VEĽKOSŤ ČASTÍC SPÁJKOVACEJ PASTY**

Charakteristický pomer jednotlivých zložiek spájkovacej pasty je 90 % spájky, 6 % tavidla a 4 % rozpúšťadla

Najdôležitejšími parametrami: viskozita a veľkosť častíc

Viskozita je nevyhnutná pre prenos častíc pasty cez motív šablóny a ich prichytenie na substrát DPS.

uspokojivej kvality tlače je minimálne 4 častice na hrúbku šablóny

a minimálne 5 častíc na najkratší rozmer otvoru v motíve šablóny

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**DYNAMIKA TLAČE**

**1. Rýchlosť tlače :** Ak je rýchlosť nastavená na príliš vysokú hodnotu, spájkovacia pasta sa bude kĺzať po povrchu šablóny a nevyplní otvory

**2. Tlak stierky:** by mal byť taký nízky, ako je to len možné, pretože vysoký prítlak obrusuje šablónu

**3. Nastavenie polohy stierky** voči šablóne je mechanické, zabraňuje nežiaducemu pohybu stierky (smerom nadol). Stierka sa musí iba dotýkať povrchu šablóny

**4. Rýchlosť oddelenia šablóny** od DPS po tlači je veľmi dôležitá. Príliš rýchle oddelenie vedie k upchaniu otvorov s jemným rozstupom na šablóne

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**PRETAVENIE SPÁJKOVACEJ PASTY**

**Pretavenie spájkovacej pasty patrí medzi základné technologické kroky v oblasti montážnych technológii. Všeobecný teplotný profil spájkovania pretavením pozostáva z predohrevu, zóny zmáčania, pretavenia a chladenia.**

**1. V prvej fáze, zóne predohrevu,** sa DPS osadená súčiastkami postupne zohrieva na zvýšenú teplotu v rozmedzí 100-150°C kvôli zamedzeniu vplyvu teplotného šoku na súčiastky

**2. V druhej fáze, zmáčacej, mokrej zóne** je cieľom dosiahnuť rovnomerné rozloženie teploty na DPS pred dosiahnutím fázy pretavenia. Táto oblasť využíva teplotu v intervale (100–200)°C a s dĺžkou trvania od 60 do 120, prípadne až 180 sekúnd

**3. V tretej fáze, zóne pretavenia,** sa spájkovacie guľôčky (častice) v paste roztavia a v roztavenom kove spájky vzniká povrchové napätie, čiže prebieha tavenie spájky. Podstatné je krátke zotrvanie na vysokej spájkovacej teplote (TAL – Time Above Liquidus), približne 10 až 60 sekúnd. pri teplotách nad 250°C

hrozí degradácia súčiastok a DPS

**4. V štvrtej fáze, zóne chladenia:** DPS by sa mala ochladzovať najmä kvôli degradácii súčiastok. veľmi rýchle ochladzovanie môže poškodiť samotnú súčiastku

**a) RTS profil**-Profil s postupným nárastom teploty sa ukazuje ako výhodnejší napr. pre DPS s nízkou hustotou osadenia súčiastok a v spojení s účinným transportom tepla v peci a vhodným tavidlom zaisťuje dobré výsledky. Uprednostňuje sa pri pastách riediteľných vodou alebo problematicky spájkovateľných povrchoch. V prípade veľkých teplotných rozdielov na DPS sa tento spájkovací profil neodporúča. Profil sa vyznačuje približne lineárnym profilom až takmer k vrcholovej teplote pretavenia. Odporúčaný nárast

teploty v tejto počiatočnej fáze, ktorá by mala byť 2/3 celkového spájkovacieho procesu, je (0,6-1,8)°C/s.

**b) RSS profil** Profil s výdržou na maximálnej teplote predohrevu zase lepšie zaistí prehriatie osadenej DPS pred prekročením teploty tavenia spájkovacej zliatiny, čím sa zníži rozdiel teplôt na DPS - je to rozdiel teploty medzi najvyššou a najnižšou teplotou na DPS v danom časovom okamihu. metóda zvyčajne časovo a energeticky náročnejšia. Neodporúča sa pri vodou riediteľných

tavidlách, lebo v oblasti zmáčania môže ľahko dôjsť k deštrukcii aktivátorov, čo vedie k horšiemu zmáčaniu spájkovaných povrchov.

**BEZOLOVNATÉ SPÁJKOVACIE PASTY PRI SPRACOVANÍ SVOJE ŠPECIFIKÁ:**

• **Vyššie teploty tavenia spájok**, vyššie vrcholové a predhrievacie teploty bezolovnatých pást až o 50°C, dlhšie časy nárastu teploty a spájkovania:

bezolovnaté spájkovacie pasty pri spracovaní svoje špecifiká:

• **Rozdiel medzi teplotou tavenia a tuhnutia spájky**: snaha zachovať nulový rozdiel medzi týmito teplotami, z dôvodu kapilárneho efektu, a tým aj efektívnosti a kvality spájkovania, bola dosiahnutá len v prípade olovnatých eutektických spájok (63Sn37Pb).

**• Vyšší oxidačný potenciál bezolovnatých spájok:** táto vlastnosť si vyžaduje použitie väčšieho množstva tavidla alebo agresívnejšieho tavidla u bezolovnatých spájok. Podstatné sú aj korozívne vlastnosti takýchto tavidiel používaných pre bezolovnaté spájky

**• Vyššie povrchové napätie u bezolovnatých spájok**: jeden z najväčších rozdielov, výsledkom je horšia zmáčavosť a roztiekavosť spájky.

**• Vyššia náchylnosť na chyby v procese spájkovania:** v prípade bezolovnatého spájkovania dochádza často k výskytu takých chýb, ktoré sa v prípade olovnatých spájok sa nevyskytovali

**Procesné okno pre olovnatú a pre bezolovnatú spájku -** teplotného intervalu medzi minimálnou požadovanou teplotou pretavenia (resp. minimálnou teplotou napr. horúceho plynu) a maximálnou možnou teplotou pretavenia.

konvekčná pretavovacia pec s minimálne 11 zónami

**Podľa spôsobu prenosu tepla** pretavovacie zariadenia najčastejšie využívané v priemysle na pece s infračerveným ohrevom a na pece využívajúce prúdenie horúceho plynu.

**Podľa spôsobu transportu** DPS sa rozlišujú pretavovacie zariadenia na tzv. dávkové pece (malé alebo experimentálne série pretavení) a pece s dopravníkovým pásom.

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**SPÔSOBY TRANSPORTU TEPLA PRI SPÁJKOVANÍ PRETAVENÍM**

je problémom rovnomerné rozloženie teploty na osadenej DPS - je to

spôsobené odberom tepla spájkovacou pastou, súčiastkami, samotnou DPS a okolitým prostredím. Najčastejšie je v priemysle využívaný spôsob transportu tepla prúdením horúceho plynu a IČ žiarením, zriedkavo sa tiež používa metóda spájkovania horúcou platňou.

**infračerveného žiarenia (IČ)** dochádza medzi dvoma telesami vtedy, ak majú tieto telesá rozličnú teplotu a sú v dostatočnej blízkosti. Teplo je prenášané elektromagnetickými vlnami s vlnovou dĺžkou v rozsahu (0,78–1000) μm

**vedením** dochádza vtedy, ak sú dve tuhé telesá vo vzájomnom kontakte. Tepelná energia prechádza z telesa s vyššou teplotou do telesa s nižšou teplotou

**prúdením dochádza vtedy, keď tekutina (kvapalina alebo plyn) prúdi okolo**

**telesa. Teplotné rozdiely medzi tekutinou a telesom spôsobia prenos tepla prúdením. Ohrievanie alebo**

**ochladzovanie prúdením vyžaduje kontakt tekutiny a pevného telesa. Prúdenie môže byť prirodzené alebo**

**nútené.**

**Základné výhody pretavovania prúdením horúceho plynu:**

- možnosť masovej produkcie - dobre známa metóda spájkovania

- nízka cena plynu (dusík), resp. žiadna (vzduch) v porovnaní s kondenzačnými kvapalinami, - množstvo výrobcov konvekčných pecí , - nižšia cena ako kondenzačné pece, - filtrácia znovu použitého prúdiaceho plynu od prchavých látok tavidla

**Základné nevýhody pretavovania prúdením horúceho plynu:**

- nízka tepelná kapacita plynu, - nerovnomerné rozloženie teploty,

- riziko prehriatia, - oxidácia spájkovaných súčastí , - posun súčiastok prúdiacim plynom.

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**ŠPECIFIKÁ SPÁJKOVANIA PRETAVENÍM KONDENZÁCIOU NASÝTENÝCH PÁR**

Metóda spočíva v na kondenzácii nasýtených pár vriacej pracovnej kvapaliny na povrchu spájkovaných objektov za rovnomerného odovzdávania svojho skupenského (latentného) tepla premeny pri kondenzácii spájkovaným súčastiam bez ohľadu na ich tvar a veľkosť

Veľkou výhodou transportu tepla parou je veľmi účinný transport latentného tepla kondenzáciou pary chemicky inertnej kvapaliny na DPS, súčiastky a spájkovaciu pastu, a tiež kontrola teploty na celej DPS. Transport tepla je nezávislý na veľkosti, tvare alebo geometrii ohrievaného povrchu.

Je asi 10-krát rýchlejší ako pri pretavení plynom a asi 8-krát rýchlejší ako pri pretavení IČ žiarením

Typickými kondenzačnými médiami sú kvapaliny perfluóropolyéter perfluórokarbón, pentaoxypropylén, perfluórotrianylamín

Spájkovanie kondenzáciou nasýtených pár

**Pozitíva**

**- rýchly transport tepla v dôsledku skupenskej**

**premeny pár, - rovnomerné rozloženie teploty na DPS,**

**- žiadne riziko prehriatia, - prenos tepla nezávislý na tvare, geometrii a**

**veľkosti spájkovaných objektov - inertná atmosféra**

Negatíva

**- drahé kvapaliny a pretavovacie zariadenia - únik pár**

**- znečistenie pracovnej kvapaliny zvyškami tavidla - nespojitý výber teplôt spájkovania viazaný na pracovné kvapaliny**

**Spájkovanie prúdením horúceho plynu**

**Pozitíva**

**- možnosť masovej produkcie - dobre známa metóda spájkovania**

**- nízka cena plynu (dusík), resp. žiadna (vzduch) v porovnaní s pracovnými kvapalinami - množstvo výrobcov konvekčných pecí - filtrácia znovu použitého prúdiaceho plynu od prchavých látok tavidla**

**Pozitíva**

**- nízka tepelná kapacita horúceho plynu - pravdepodobnosť nerovnomerného**

**rozloženie teploty na DPS - riziko prehriatia spájkovaných súčastí**

**- oxidácia spájkovaných súčastí - posun súčiastok prúdiacim plynom**

**Pri pretavení kondenzáciou nasýtených pár nehrozí riziko prehriatia. Preto platí, že:**

**- maximálna teplota kvapaliny = teplota varu kvapaliny,**

**- maximálna teplota nasýtených pár = teplota varu kvapaliny,**

**- maximálna teplota pretavenia = teplota varu kvapaliny.**

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**PRENOS TEPLA PRI SPÁJKOVANÍ KONDENZÁCIOU NASÝTENÝCH PÁR**

**Zhrnutie výhod spájkovania v parách:**

• Nie je potrebné nastavovať spájkovací profil pretavenia – maximálna teplota je vždy konštanta, • veľmi jednoduché spájkovanie mohutných zostáv DPS - rýchly prestup tepla v dôsledku skupenskej premeny pary,

• prenos tepla nezávislý na tvare, geometrii a veľkosti spájkovaných objektov,

• pracovná teplota najnižšia zo všetkých metód: 200°C, resp. 230°C, • vylúčená delaminácia DPS, • vylúčené nežiaduce prehriatie súčiastok, • 100% ochranná atmosféra - prevencia oxidácie. • rovnomerné rozloženie teploty na DPS,

• minimálne riziko explózie súčiastok vnútorným pretlakom pár,

• absolútne reprodukovateľné výsledky i v ďalšom časovom období (vlhkosť a tlak vzduchu nemajú vplyv), • najlepšie možné zmáčanie, • čistiaci efekt pre DPS, • opakovateľný ohrev pracovnej kvapaliny.

**Negatíva spájkovania v parách:**

- vysoká cena kvapalín a pretavovacích zariadení, - únik pary, - znečistenie kvapaliny zvyškami tavidla, - nespojitý výber teplôt spájkovania viazaný na pracovné kvapaliny, - vzlínanie spájky,

**Priebežný systém (in-line):** je vhodný najmä pre sériovú výrobu a pre zaradenie do výrobnej linky. Správnym výberom pracovnej kvapaliny je možné spájkovať súčiastky spájkami s rozdielnou teplotou tavenia. Tento prístup je veľmi ekonomický v prípade technológie povrchovej montáže súčiastok na vysokej úrovni a použitia viacerých typov bezolovnatých spájok

**- Dávkový systém (batch):** využíva sa za účelom použitia pre malosériovú výrobu, a tiež pre účely výskumu a vývoja

**- Pracovná komora:** obsahuje celý parný systém. Veľkosť, rozmery tohto priestoru závisia na rozmeroch spájkovaných objektov

**- Ohrievač:** tepelná energia potrebná na vytvorenie nasýtených pár je dodávaná ohrievačom (ohrievačmi). Ohrievače sú buď priebežné, alebo je to kombinácia priebežného a rezervného systému.

**- Kondenzačné vinutie:** má tvar špirálovitej cievky, je spravidla z nehrdzavejúcej ocele. Kondenzačné vinutie zabraňuje úniku pár. Spravidla je chladené vodou a kondenzuje pary stúpajúce k vrcholu komory.

**- Dopravníkový systém:** výber dopravníkového systému je daný veľkosťou DPS a jej tvarom. Jeho podstatnou vlastnosťou je rýchlosť. Do pracovnej komory vstupuje cez jej hornú časť.

**- Filtračný systém:** spájkovacia pasta obsahuje tavidlá, a tiež iný, pracovnú kvapalinu znečisťujúci materiál.

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**MERANIE TEPLOTNÉHO PROFILU PRETAVENIA V EXPERIMENTÁLNEJ PECI PRE SPÁJKOVANIE KONDENZÁCIOU NASÝTENÝCH PÁR**

Jednou z možností ako merať teplotu na DPS je použitie termočlánkov. Termočlánky majú tú výhodu, že sú malé, a že dokážu okamžite reagovať na zmenu okolitej teploty. Pre meranie teploty pretavenia spájkovacej pasty je možné použiť termočlánky typu J alebo K, ktorých rozsah pracovnej

teploty vyhovuje pracovnej teplote okolia okolo 300°C. Hlavnou podmienkou je, aby termočlánok mal priamy kontakt s miestom, v ktorom je potrebné merať teplotu. Analýza teplotného profilu sa urobí na testovacej DPS s prichytenými termočlánkami, ktorá absolvuje proces pretavenia v reflow peci. Zmeny teploty na termočlánkoch pri pretavení sa zaznamenávajú do autonómneho zariadenia - dataloggera, ktorý ukladá namerané hodnoty do pamäte. Hlavnými

parametrami dataloggerov sú: maximálny počet pripojiteľných termočlánkov, kapacita pamäte pre dáta, vzorkovací interval, typ termočlánku a pracovná teplota zariadenia. Softvér na spracovanie dát dokáže určiť z nameraných hodnôt parametre teplotného profilu pre každý termočlánok. Sledujú sa tieto parametre: strmosť nárastu teploty, čas predohrevu, čas zmáčania, čas pretavenia, maximálna teplota na DPS, rýchlosť ochladzovania DPS

Priestor nad vriacou kvapalinou je rozdelený na tri oblasti:

- **oblasť chladenia**, v ktorej je teplota rovná teplote chladiaceho média – vody (cooling zone),

- **oblasť predohrevu**, v ktorej je možné meniť teplotu polohou DPS

(preheat zone),

- **oblasť pretavenia**, v ktorej je teplota rovná teplote nasýtených pár

(reflow zone).

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**PORUCHY V PROCESE SPÁJKOVANIA PRETAVENÍM**

**Medzi najdôležitejšie faktory ovplyvňujúce výslednú kvalitu spájkovaných spojov patria:**

**- spájkovacia pasta, súčiastky, DPS,**

**- proces nanášania spájkovacej pasty, osadzovanie súčiastok a proces spájkovania.**

**Oddelenie súčiastky :** - rozpúšťanie (difúzia) materiálu povrchovej úpravy

kontaktov súčiastky do spájky

**Prasknutý spoj**- mechanický ohyb DPS

**Nedostatočné pretavenie**

- krátky TAL - nízka vrcholová teplota - dlhá doba medzi natlačením pasty a

pretavením – neúčinnosť tavidla

**Dutiny v spoji** - prítomnosť odpariteľných zložiek v spoji aj po stuhnutí spájky

- nesprávny teplotný profil

**Otvorené spoje** - málo spájkovacej pasty – nerovinnosť vývodov súčiastky

**Mäknutie plastov**

- prekročenie vrcholovej teploty pretavenia pre dané súčiastky

**Skrat -** príliš veľa spájkovacej pasty - zlé zmáčanie spájkovacej plôšky

DPS a kontaktu súčiastky - teplotný profil - pohyb súčiastky

**Slabá spájkovateľnosť a zmáčanie súčiastok**

**-** dlhé alebo nesprávne skladovanie súčiastok - tenká povrchová úprava kontaktných plôšok súčiastky

**Tečenie, vzlínanie spájky** - slabá spájkovateľnosť kontaktu súčiastky

alebo spájkovacej plôšky DPS - značný rozdiel v teplote kontaktu súčiastky a

spájkovacej plôšky DPS

**Slabé zmáčanie spájkovacích plôšok –** nekompatibilita spájkovacej pasty a

povrchovej úpravy DPS - znečistenie, starnutie,prekročenie, vrcholovej teploty

**Zodvihnutie súčiastky (tombstoning) -** nerovnaké zmáčanie kontaktných plôšok

súčiastky – nerovnomerná distribúcia teploty

**Oddelený spoj** - znečistený povrch spájkovacej plôšky DPS pred plátovaním

povrchovej úpravy

**Rast spojov**- príliš dlhý TAL bez tavidla na povrchu spájky - kozmetická

chyba

**Prasknutie súčiastky** - príliš vysoká vrcholová teplota - vlhkosť v puzdre

súčiastky

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

prehľad výrobných procesov: výrobu dosiek plošných spojov (DPS), osadzovacie technológie a kontrolu kvality s testovaním hotových modulov

dve základné kategórie elektronických prvkov - súčiastok:

**s drôtovými vývodmi pre montáž do predvŕtaných otvorov v doske plošných spojov,**

**s krátkymi tvarovanými vývodmi, alebo pokovenými kontaktmi pre povrchovú montáž na spájkovacie plôšky montážnej podložky**.

Kompletný montážny proces zahŕňa tieto štandardné postupy: vstupnú kontrolu, prípravu dosiek plošných spojov a prvkov, automatizované, prípadne manuálne osadzovanie prvkov, spájkovanie vlnou a/alebo pretavením, alternatívne ručné spájkovanie, čistenie, elektrický test, prípadné úpravy a opravy, odstránenie ochranných vrstiev a pomocných materiálov, a konečná montáž systému.

**Montáž do prekovených otvorov (Through Hole Technology (THT)) je** osadzovanie vývodových prvkov do prekovených otvorov nasledované ich spájkovaním. Vývodové prvky sú často v dvojradovom vyhotovení vývodov (DIP - Dual In Line) a distribuované v antistatických plastových tubových zásobníkoch

Prvky s axiálnymi vývodmi ako sú rezistory, kondenzátory a diódy sú obvykle balené v zvinutých pásoch (tape and reel), umožňujúcich automatizované radenie prvkov, ohýbanie a tvarovanie ich vývodov a osadzovanie.

**Technológia povrchovej montáže (Surface Mount Technology (SMD)) je pokročilejšia ako THT:** 1. Aplikácia spájkovej pasty 2. Aplikácia adhezíva pre spájkovanie vlnou 3. Osadzovanie prvkov 4. Tepelné alebo ultrafialové vytvrdenie adhezíva 5. Spájkovanie pretavením alebo vlnou 6. Očistenie a povrchová úprava dosky

Technologická linka pre povrchovú montáž obvykle obsahuje tri základné časti:

* sieťotlač pre aplikáciu spájkovej pasty na kontakty DPS;
* osadzovací automat pre odoberanie a osadzovanie prvkov na DPS;
* Pretavovaciu pec na pretavenie spájkovej pasty, tvoriac tak spájkované spoje.

Vo väčšine prípadov je kontrolný systém súčasťou každého kľúčového technologického kroku výrobnej linky

**Typy diskrétnych prvkov:**

Podľa funkcií:

**aktívne** – zosilňovače signálu,vyžadujú napájanie, založené sú na polovodičoch

**pasívne**: transformujú signály, nevyžadujú napájanie-Hrubovrstvový čipový rezistor, Multivrstvový keramický čipový kondenzátor, Potenciometer

Podľa montáže:

• **pre montáž do otvorov**

Vyrábané sú s tvarovateľnými alebo pevnými vývodmi.

Tvarovateľné vývody sú zastrihnuté na požadovanú dĺžku a zahnuté podľa rozmiestnenia otvorov. Rozloženie vývodov u prvkov s pevnými vývodmi je nemenné. Vývody prvkov sú zasunuté do otvorov v obvodovej doske na tzv. strane súčiastok a spájkované sú na opačnej – spodnej strane.

• **pre povrchovú montáž**

diskrétne prvky s prispôsobiteľnými drôtovými vývodmi

diskrétne prvky s pevnými vývodmi

integrované obvody s pevnými dvojradovými vývodmi (dual-in-line - DIL)

**Automatizované osadzovanie prvkov pre montáž do otvorov**

* odstrihnutie prvku zo zásobníka, ktorý obsahuje prvky v osadzovanom poradí,
* uchytenie prvku, zahnutie vývodov, polohovanie strihacej / ohýbacej jednotky,
* zasunutie vývodov prvku do obvodovej dosky, ustrihnutie vývodov,
* mechanické fixovanie prvku zahnutím vývodov na stranne spojov.

**Zásobníky prvkov pre povrchovú montáž**

a. papierový páskový b. plastový páskový c. plastový tyčový d. kovový tyčový

e. plošný f. komorový

• **čipy** a **čipové prvky**

1. Chip: osadený priamo na povrch substrátu a nakontaktovaný drôtom.

2. Flip Chip: kontaktované guličkovými vývodmi aktívnou stranou na substrát.

Elektrické kontakty vytvárajú zároveň mechanický spoj s podložkou. Oblasť kontaktov je zaliata a chránená polymérom.

3. TAB (Tape Automated Bonding): čip je osadený na polymérnom páse

z dôvodu ľahšej automatizácie nasledujúceho montážneho procesu.

Pružný polymérny pás má vyrazené vodiace okná pre čip a jeho vývody.

Cu fólia je laminovaná na pás. Prepájacie vývody sú vytvorené leptaním Cu fólie s použitím fotolitografie.

4. CSP (Chip Scale Package): prepojovacia štruktúra pomocného substrátu prepája vývody čipu do matice guličkových kontaktov na jej spodnej strane.

**Osadzovannie Flip Chip do CSP - Pripájacia technológia, puzdriaca metóda**

kontaktovanie mikrodrôtom, zaliatie polymérom, kontaktovanie Flip Chip  
 guličkovými kontaktmi, vyplnenie epoxidom, kontaktovanie fóliovým  
drôtom v tvare S, zapuzdrenie elastomérom, CSP) je čip kontaktovaný ku substrátu fóliovými drôtmi v tvare S,prispôsobovacie fóliové vodiče i puzdriaci polymér kompenzujú následky rozdielnych koeficientov teplotnej rozťažnosti (CTE) kremíkového čipu (silicon die) a substrátu s plošnými spojmi (printed wiring board).

Typy osadzovacích automatov- podľa úrovne automatizácie:

manuálne, poloautomaty, automaty

- podľa typu mechaniky:

s pohyblivou hlavou (gantry style),   
 s pevnou hlavou (walking beam style)

- podľa typu osadzovacej hlavy:

sekvenčné - zdvihni a polož (pick and place ),   
 simultánne - pozbieraj a ulož (collect and place )

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**2. Osadzovanie súčiastok**: súčiastky sa osadzujú na DPS v prípade spájkovania pretavením takmer výhradne technológiou povrchovej montáže. V prípade obojstrannej DPS sa musia súčiastky na spodnej strane pripevniť lepidlom alebo adhezivom.