

9. týždeň

d) Spájkovačky s regulátorom teploty

Spájkovačky s nastaviteľnou teplotou pozostávajú 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 vodivého plášťa, ktorý je umiestnený okolo vnútorného vodivého plášťa. Obidva plášte sú prichytené v oceľovom puzdre. Vo vnútornom vodivom plášti sa nachádza drôt z konštantánu prepojený s puzdrom. Toto prepojenie puzdra s konštantánovým drôtom vytvára termočlánok. Výhrevné teleso je prepojené na jednom konci s puzdrom a na druhom konci k rúrkovitému vodiču, ktorý je usporiadaný okolo konštantánového vodiča a zároveň je od neho izolovaný. 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

Spájkovačky s vysokofrekvenčným prúdom majú rýchlejší ohrev a lepšiu schopnosť udržať požadovanú teplotu na konštantnej hodnote. Spájkovačky s vysokofrekvenčným prúdom majú pripojený teplotný senzor k regulátoru teploty a ohrievaciu cievku k výkonnému zdroju. Teplotný senzor aj cievka sú ovinuté okolo keramického jadra. Uvedený typ spájkovačiek poskytuje významné zlepšenie presnosti teploty spájkovania a ich údržba je z dôvodu jednoduchšej konštrukcie jednoduchšia.

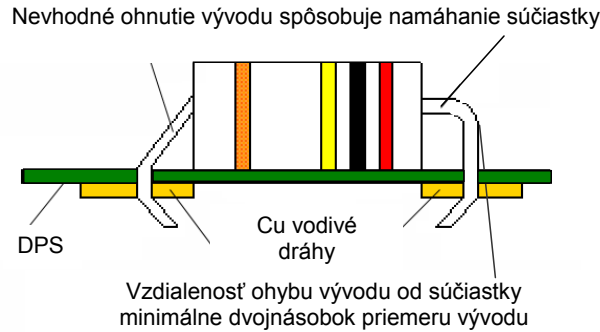
f) Spájkovačky na báze kvapalného média sprostredkujúceho prenos tepla

Elektrické výhrevné 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, s ktorým je v kontakte. V tomto mieste sa plynná fáza mení znovu na kvapalnú.

g) Postup pri ručnom spájkovaní

1. Osadzovanie súčiastok

Po očistení súčiastky a DPS je možné súčiastku osadiť na DPS. Pri montáži THT sa vývody súčiastky sa ohnú do požadovaného tvaru a vložia do príslušných otvorov v DPS. Počas spájkovania je možné súčiastku fixovať, aby nedochádzalo k jej pohybu tak, že sa na spodnej strane DPS ohnú jej vývody do uhla 45°. Po správnom uložení súčiastky je možné pristúpiť k ďalšiemu kroku (Obr. 53).



Obr. 53 Manipulácia pri osadzovaní súčiastok

Vývody súčiastok by mali byť ohnuté tak, aby bolo mechanické namáhanie súčiastky v mieste výstupu vývodu zo súčiastky čo najmenšie. Vzďialenosť ohybu vývodu od súčiastky by mala byť aspoň dvojnásobok priemeru vývodu. Minimálny vnútorný polomer ohybu vývodu by mal byť rovný jeho priemeru. Označenie osadenej súčiastky ktoré určuje jej typ, parametre, výrobcu a pod. musí byť viditeľné.

2. Príprava spájkovacieho hrotu

Počas spájkovania musí byť spájkovací hrot priložený na spoj pod takým uhlom, aby bol celý proces spájkovania v mieste kontaktu dobre viditeľný. Zvyčajne to je uhol okolo 45°. **Spájkovací hrot musí byť čistý a tesne pred samotným spájkovaním pospájkovaný.** Je veľmi dôležité, aby bol nový, zatiaľ neohriaty hrot, pospájkovaný ihneď, keď dosiahne teplotu tavenia spájky. Pospájkovanie je realizované 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 znížiť kvalitu spoja. Odstránenie zoxidovania hrotu je často ťažké, až nemožné. Medené hroty (medenej farby) môžu byť očistené pilníkom, ale pokovené hroty (striebornej farby) nie, nakoľko môže dôjsť k poškodeniu tohto pokovenia. Hrot by mal byť ochladený a dôkladne očistený pomocou drôtenej kefy, pokiaľ nie je zoxidovaný materiál tmavo-hnedej až čiernej farby úplne odstránený. Pre lepšie očistenie si môžeme pomôcť brúsny papierom alebo jemným pilníkom. Po očistení sa hrot znovu ohreje a pospákuje vyššie popísaným spôsobom. Pokovené hroty by nemali byť opracovávané pilníkom ani čistené pieskovaním. Správne pospájkovaný hrot bez nežiaducej oxidácie je potrebné pred vytváraním každého ďalšieho spoja čistiť otieraním o čistú vlhkú špongiu alebo iným vhodným materiálom. Pred každým spájkovaním by mala byť na hrot spájkovačky aplikovaná malá guľôčka čerstvej spájky.

3. Spôsob aplikácie spájky počas spájkovania

Hrot spájkovačky by mal byť najskôr priložený na kovové časti, ktorých ohrev trvá dlhšie (majú väčšiu tepelnú kapacitu) ako na časti s rýchlejším ohrevom (menšou tepelnou kapacitou). Teplo musí prechádzať do doby, pokiaľ nebudú mať obe časti spoja dostatočnú teplotu na roztavenie spájky.

Spájkku aplikujeme rýchlo na miesto spájkovaného spoja a to tesne vedľa hrotu spájkovačky a nie priamo na hrot. Spájka by sa mala rýchlo rozlútiť okolo súčiastok. V okamihu, keď je spoj dokončený, je potrebné hrot odtiahnuť, aby sa zabránilo prehriatiu roztavenej spájky. Pri správnom postupe by mal byť spájkovací spoj dokončený behom 2 sekúnd. Ak proces trvá 5 sekúnd, potom je použitý buď príliš malý hrot, alebo spájkovačka s malým výkonom.

Povrchová teplota oboch spájkovaných kovových plôch musí byť nad teplotou tavenia spájky, aby sa urýchlila schopnosť jej zmáčania. Spájka by sa nemala roztekať na plochy s nižšou teplotou ako teplota spájkovania, nakoľko to môže spôsobiť vznik „studeného“ spoja. Správne aplikovaná spájka sa bude počas spájkovania taviť a roztekať okolo spájkovaných plôch a vytvorí hladký, lesklý a rovnomerný povrch po celej ploche spájkovaného spoja. Vypuklý, hrudkovitý, kalný, nepravidelný vzhľad signalizuje nevhodnú aplikáciu spájky.

4. Odstránenie spájkovacieho hrotu zo spájkovacieho spoja

Keď je povrch spájkovacej plôšky úplne pokrytý spájkou, je možné prestať pridávať ďalšiu spájkku a odtiahnuť hrot spájkovačky (v tomto poradí). Nepohybujte spojom počas niekoľkých sekúnd (kým spoj nevychladne) v opačnom prípade vznikne „studený“ spoj.

5. Skrátene presahujúcich vývodov súčiastok

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

3.5 Spájkovanie ponorom

Spájkovanie ponorom je druhom kapilárneho spájkovania, pri ktorom je kúpeľ spájky ohrievaný tepelným zdrojom. Vlastné spájkovanie je veľmi jednoduché. Súčasti sa ponoria na určitú dobu do kúpeľa v závislosti na druhu, tvare a množstve spájkovaných objektov. Pri mäkkom spájkovaní ponorom sa súčasti ponoria 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. Podľa druhu taveniny rozoznávame spájkovanie:

- v soľnom kúpeli,
- v kúpeli tavidla,
- v kovovom kúpeli.

Spájkovanie ponorom má nasledujúce 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.

Nevýhodou spájkovania ponorom je, že spájkované súčasti musia byť úplne suché, pretože by mohlo dôjsť k explózii kúpeľa. Po spájkovaní je nutné súčasti zbaviť jemnej vrstvy kúpeľa. Na výstupe zariadenia býva umiestnený horúcovzdušný nôž (*hot airknife*) odstraňujúci prebytočnú spájkku. Proces spájkovania ponorom je veľmi pomalý, málo účinný z dôvodu náhleho odparovania tavidla a z dôvodu výskytu miest z prebytočnej spájky.

3.6 Špecifiká spájkovania pretavením

Spájkovanie pretavením spočíva v absorpcii tepelnej energie spájkovanými objektmi, čiže DPS, na nej osadenými súčiastkami a spájkovacou pastou. Absorbovaním tepla dôjde k zvýšeniu teploty spájkovaných objektov a dochádza tak k pretaveniu spájkovacej pasty. Spájkovanie pretavením je vhodné najmä pre tuhé a flexibilné DPS, ktoré sú osadené súčiastkami povrchovej montáže. Okrem možnosti nasadenia do hromadnej výroby umožňuje táto technológia maximálnu hustotu osadenia súčiastok bez nebezpečenstva vzniku mostíkov a prispájkovanie aj takých súčiastok, ktoré sa nemôžu spájkovať postupmi tekutého spájkovania (vlnou). Najčastejšie používaným spôsobom spájkovania pretavením je spájkovanie prúdením horúceho plynu v priebežnej napr. 11 zónovej peci. Selektívne spájkovanie pretavením zase umožňuje prenos tepelnej energie len na miesta spájkovania, pričom tak nedochádza k nadmernému teplotnému namáhaniu DPS a súčiastok. Spájkovanie na princípe kondenzácie nasýtených pár patrí medzi najmenej používané spôsoby pretavenia.

Procesu pretavenia spájkovacej pasty predchádzajú tieto technologické kroky:

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.
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.

3.6.1 Nanášanie spájkovacej pasty

Spájkovacia pasta sa vo výrobe elektronických súčiastok používa ako predpoklad mechanického a elektrického spojenia medzi súčiastkami a nosnou DPS, na ktorej sú vodivé prepojenia medzi

jednotlivými osadenými súčiastkami. Medzi najdôležitejšie technologické postupy pri výrobe elektronických aplikácií patrí kvalitné nanosenie pasty a jej pretavenie. **Výška depozitu spájkovacej pasty, jeho plocha a objem sú určujúcimi faktormi kvality tlače.**

Osobitný prístup si vyžaduje spájkovanie vývodových súčiastok, ktorých konektory sa vtlačajú do spájkovacej pasty nanesej tlačou cez kovové masky alebo sieťotlačou do pokovených otvorov DPS.

Postupná miniaturizácia (zmenšovanie súčiastok) núti výrobcov aplikovať stále dokonalejšie postupy pre dosiahnutie dobrého mechanického a vodivého spájkovaného spoja a pre zachovanie kvalitatívnych vlastností spojov počas celej dĺžky životnosti elektroniky. Vyššia teplota tavenia (záťaž na súčiastky pri pretavovaní), horšie zmáčanie spájkovaného povrchu súčiastok a DPS sú dôvodmi, prečo sa pri použití bezolovnatých spájkovacích pást kladie vyšší dôraz na kvalitné nanášanie a pretavenie, ktoré by malo zabezpečiť dobrý mechanický a vodivý spoj.

Vo výrobe sa používa viacero postupov nanášania spájkovacej pasty na DPS.

- **dávkovací spôsob nanášania** pomocou dávkovačov, tzv. dispenzéro, v,
- **pretláčaním spájkovacej pasty cez kovovú alebo sieťotlačovú šablónu**, ktorá je určená pre masovú produkciu,
- alebo nanášanie pasty pomocou ihly.

O tom, ktorý z uvedených spôsobov nanášania pasty sa použije, rozhoduje veľkosť a typ použitých súčiastok, dostupné technologické zariadenia, atď. Pasty sa na DPS deponujú špeciálnymi zariadeniami. Najmodernejšie z nich sú riadené počítačom, pričom dovoľujú použitie viacerých pást a využívajú aj infračervenú kameru (dokážu lokalizovať nanesenú pastu).

3.6.1.1 Dávkovací spôsob nanášania pasty pomocou dispenzéra

Dávkovací spôsob nanášania pomocou dispenzéra sa vo všeobecnosti používa na ručné nanášanie spájkovacích pást alebo adhezív, prípadne pri oprave alebo výmene niektorých typov súčiastok. Najjednoduchšie zariadenia sú hrotové, u nich je prenos materiálu sprostredkovaný hrotom (ihlou). Ten sa najskôr ponorí do definovanej hrúbky nanášaného materiálu (pasta alebo adhezivo) a potom sa priblíži k substrátu DPS na miesto, kde má byť nanesený materiál. Pritom musí byť definovaná vzdialenosť hrotu od substrátu, aby sa zabránilo deformácii kvapky materiálu.

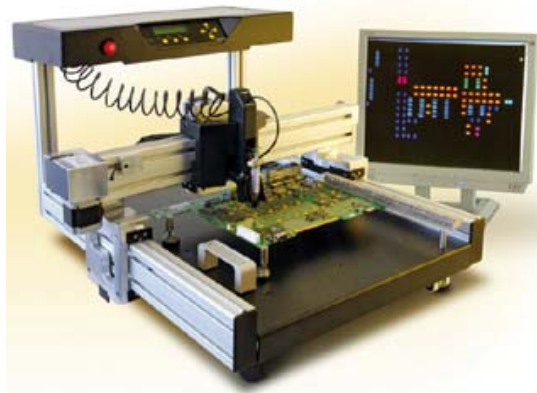
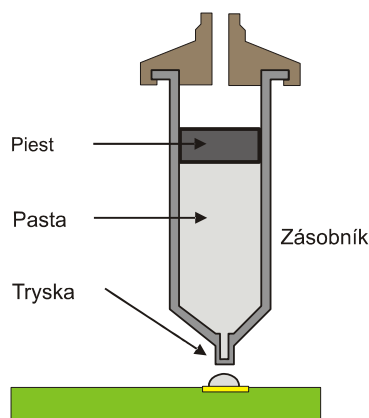
Tvar kvapky je dôležitý preto, že súvisí s množstvom naneseného materiálu. V prípade adhezív ovplyvňuje mechanickú pevnosť a v prípade spájkovacích pást predovšetkým tvar spájkovaného spoja. Tvar a množstvo naneseného materiálu sa dá ovplyvniť priemerom hrotu, viskozitou materiálu a vzdialenosťou substrátu od hrotu.

Na zvýšenie presnosti nanášania spájkovacej pasty sa používajú motorické (automatické alebo poloaautomatické) zariadenia. Existuje viacero variantov dávkovania pasty na DPS, ktoré sa líšia spôsobom nanášania. Najbežnejšie sa používajú:

- Tlakové nanášanie s definovanou dobou.

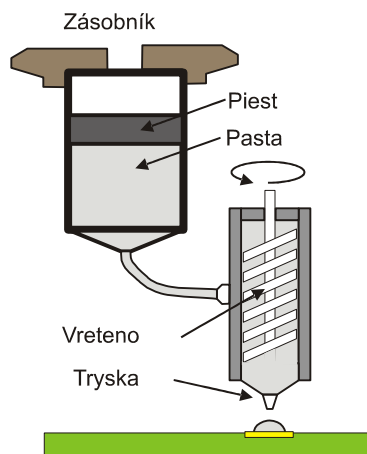
- Nanášanie rotačnou pumpou.
- Nanášanie médií tryskaním kvapiek elektrickým poľom (micro-jetting).
- Nanášanie laserom.

Pri **tlakovom nanášaní s definovanou dobou** je pasta pretláčaná po určitý definovaný čas dávkovacou hlavice 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 (Obr. 54).

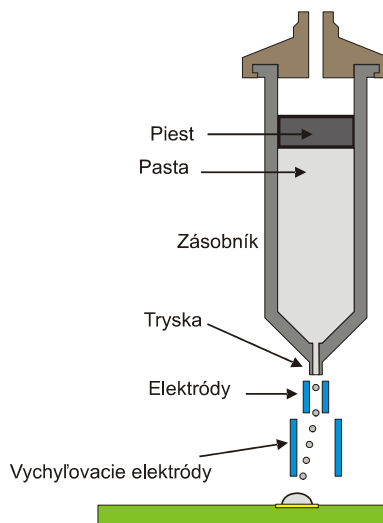


**Obr. 54 a) Princíp nanášania spájkovacej pasty dispnzérom s časovo definovaným tlakom,
b) Zariadenie so zabudovaným dispnzérom**

Nanášanie s využitím dávkovača s rotačnou pumpou sa používa pri pastách alebo iných materiáloch, ktoré vyžadujú pri transporte premiešavanie. Zásobník s pastou je pod konštantným tlakom cca 50 KPa, čo má zabezpečiť naplnenie hlavice, v ktorej sa nachádza vreteno (Obr. 55). Toto vreteno svojou rotáciou posúva pastu cez trysku na substrát DPS. Objem pasty sa dá nastaviť parametrami ako sú rýchlosť otáčania vretena, doba otáčania vretena, plniaci tlak a kapacita hlavice.



Obr. 55 Princíp nanášania spájkovacej pasty dispenzérom s rotačnou pumpou

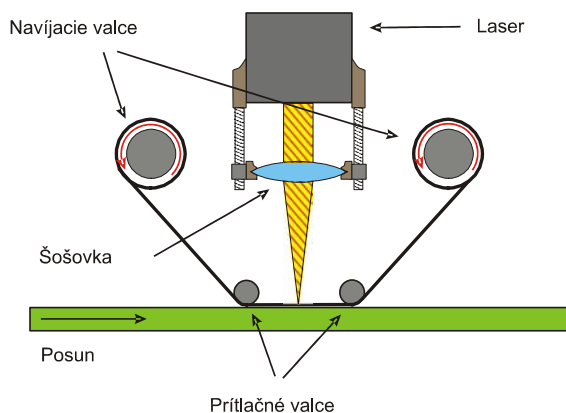


Obr. 56 Princíp nanášania spájkovacej pasty tryskaním kvapiek (micro jetting)

Nanášanie tryskaním kvapiek (micro-jetting). Táto technológia sa využíva pre nanášanie homogénnych materiálov (napr. lepidlá pre SMD, Obr. 56).

Jej výhodou je úplne bezkontaktné nanášanie, kvapky materiálu je možné hromadiť do ľubovoľných tvarov a štruktúr a to pri vysokej rýchlosti nanášania. Progresom tejto technológie je možnosť nanášania aj spájkovacích pást. Tu vzniká odtrhnutie potrebnej mikrodávky v zúženom ústí pomocou piezočerpadla. Kvapka je riadená elektrickým poľom elektród počas svojho letu a vychyľovaná tak, aby dopadla na požadovanú pozíciu.

Nanášanie pasty laserom používa nosič pasty s hrúbkou (20-100) μm s nanosenou vrstvou pasty o hrúbke (10-50) μm , ktorá sa nanesie na substrát ožiarením laserovým lúčom (Obr. 57). Výsledok je veľmi presný a rýchly.



Obr. 57 Princíp nanášania spájkovacej pasty z nosnej fólie pomocou laserového lúča

3.6.1.2 Metóda pretlačenia pasty cez šablónu

Metóda pretlačenia cez šablónu (poprípade sieťku) je najrozšírenejší postup aplikovania spájkovacej pasty na DPS v priemysle. Proces tlače pást a adhezív cez šablónu je podobný sieťotlačovému procesu. Pripravená DPS sa upevní do držiaka a je prekrytá (väčšinou kovovou) šablónou, alebo sieťkou. Šablóna obsahuje otvory iba na miestach, kde má byť nanosená spájkovacia pasta. Čepel' stierky prechádza cez celú plochu šablóny a pretláča pastu cez voľné otvory v šablóne (Obr. 58).



Obr. 58 Pretláčanie spájkovacej pasty cez šablónu

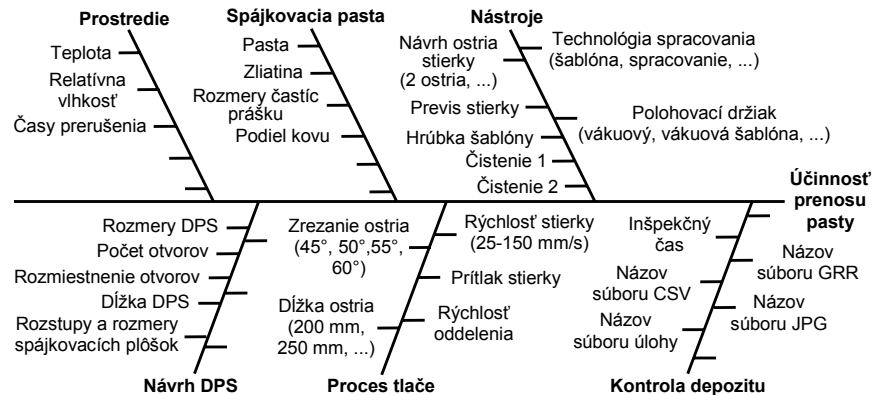
Najpoužívanejší je spôsob nanášania pasty prostredníctvom tlače cez kovovú šablónu, ktorá umožňuje v závislosti od rozmerov a hustoty rozloženia spájkovacích plôšok veľmi precíznu aplikáciu homogénnej hrúbky pasty po celej ploche DPS. Výhodou pretláčania spájkovacej pasty cez šablónu je dobrá opakovateľnosť, rýchla a presná aplikácia spájkovacej pasty pri veľkých sériách bez nebezpečenstva vytvárania skratov aj pri motívoch s veľkým množstvom malých spájkovacích plôch. Nevýhodami sú 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.

Pasty sa deponujú na DPS špeciálnymi zariadeniami. Najmodernejšie z nich sú riadené počítačom, pričom dovoľujú použitie viacerých pást a využívajú aj infračervenú kameru (dokážu lokalizovať miesto naniesenia). Technológie nanášania pasty ako aj kritické parametre v ultrajemnej tlači spájkovacej pasty sú sledované už mnoho rokov. **Množstvo nanesej spájkovacej pasty závisí na hrúbke šablóny a na reologických vlastnostiach pasty.**

Medzi často 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.

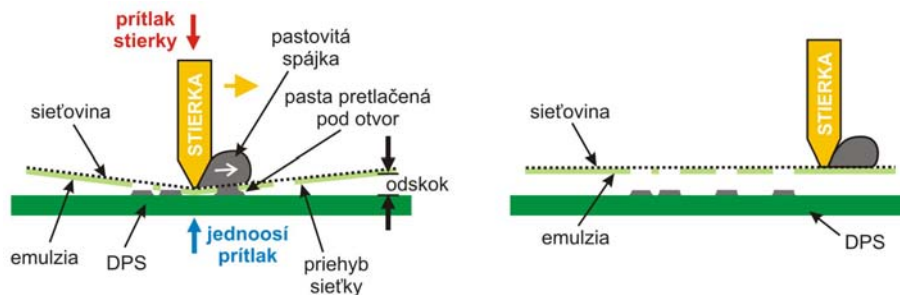
Avšak zmenšovanie veľkosti spájkovacích plôšok a veľkosti apretúry si vyžaduje sledovať aj ďalšie činitele, ktoré vplyvajú na efektívnosť nanášania pasty. V ultrajemnej tlači spájkovacej pasty možno zdefinovať 6 základných premenných, ktoré ovplyvňujú efektívnosť nanášania pasty (Obr. 59). Vonkajšie prostredie, spájkovacia pasta, použité nástroje, návrh DPS, proces naniesenia pasty a kontrola.



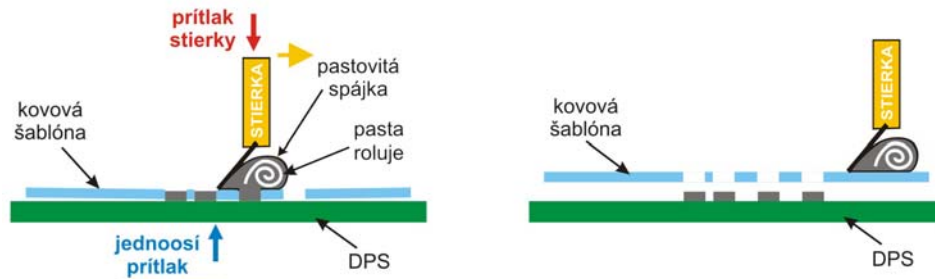
Obr. 59 Diagram príčin a následkov tlače spájkovacej pasty

Sieťka sa vyrába prevažne z nehrdzavejúcej oceleovej sieťoviny, z polyesterovej sieťoviny alebo z nehrdzavejúcej oceleovej sieťoviny pripevnenej k polyesterovej sieťovine – polyesterový okraj sieťky zlepšuje jej pružnosť a predlžuje tým jej životnosť. Tlač cez sieťku môže spôsobiť jemné rozmazanie pasty. Hlavným, jednoducho pozorovateľným rozdielom pri procese tlače pasty je ohyb sieťky v porovnaní so žiadnym ohybom šablóny. Kvalita kovových šablón resp. sieťok (najmä ich hrúbka) veľmi úzko súvisí s rovnomernosťou nanášanej hrúbky pasty, opakovateľnosťou procesu tlače a ostatnými kvalitatívnymi parametrami, resp. s elimináciou chýb vznikajúcich v procese tlače spájkovacej pasty.

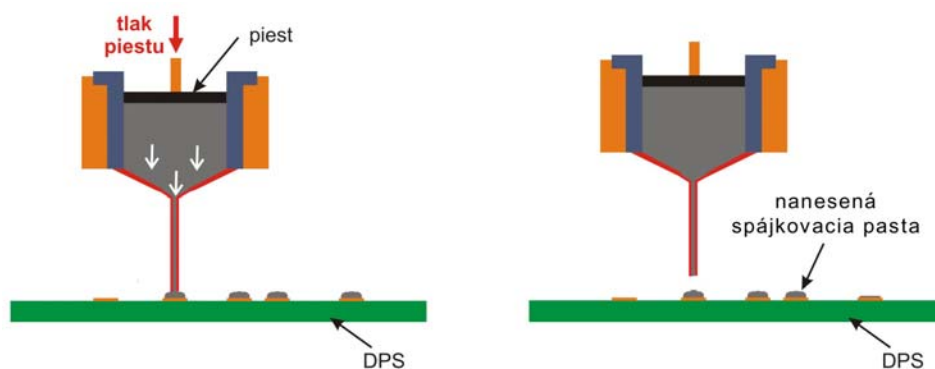
Na obr. 60 je porovnanie princípov a dôležitých parametrov troch spôsobov nanášania pasty: sieťotlačou, tlačou použitím stierky cez šablónu, tlačou piestom cez šablónu. Pri aplikácii pasty pomocou sieťotlačového zariadenia je potrebné dodržať odskok, keďže sieťovina nie je v priamom kontakte so substrátom DPS. Ku kontaktu dochádza iba počas prechodu stierky po sieťke, v tomto momente sa pretláča aj spájkovacia pasta. Po návrate sieťky do pôvodnej vzdialenosti (odskok) od DPS zostáva pretlačená pasta na spájkovacích plôškach. Na druhej strane, kovová šablóna s motívom je v tesnom kontakte s DPS až do momentu jej vertikálneho zdvihnutia (odtrhu). Odtrh šablóny môže pri nesprávnej manipulácii rozmazať pastu na spájkovacích plôškach, čo je nežiaduci jav. Po správnom prevedení odtrhu šablóny zo substrátu spájkovacia pasta zostáva na plôškach v takom istom tvare ako sú otvory v šablóne. Rýchlosť odtrhu musí byť dostatočná preto, aby sa šablóna dobre oddelila od nanesej pasty, a aby zostal zachovaný nanesený obrazec (10 mm/s).



Obr. 60 a) Tlač spájkovacej pasty cez sieťku (spájkovacia pasta pretlačená do otvorov v sieťke vždy pred bodom kontaktu so stierkou)



Obr. 60 b) Tlač spájkovacej pasty cez šablónu (spájkovacia pasta pretlačená do otvorov v šablóne vždy pred bodom kontaktu so stierkou)



Obr. 60 c) Tlač spájkovacej pasty piestom cez šablónu (spájkovacia pasta zanesená do otvorov v šablóne až po prvotnom kontakte piestu so šablónou)