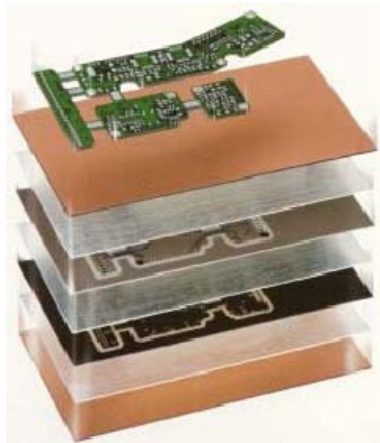


## 2. týždeň

### *d) Materiály pre viacvrstvové DPS*

Viacvrstvové DPS (Obr. 5) sa skladajú z obrazcov vodivých vrstiev na báze obojstranne plátovaných DPS (najčastejšie typu FR-4) a izolačných laminovacích (lepiacich) listov uložených nad sebou. **Lepiaci list** (prepreg) je materiál zložený zo sklenej látky a čiastočne vytvrdennej alebo nevytvrdenej živice. Celok zložený z viacerých DPS a lepiacich listov medzi nimi sa musí starostlivo nad sebou poskladať a zlisovať za tepla najlepšie vo vákuu. Potom nasledujú operácie podobné ako u dvojvrstvových DPS (vŕtanie a pokovovanie). Dnes majú typické viacvrstvové DPS 4 až 6 vnútorných vrstiev. Viacvrstvové DPS majú pomerne vysoké % poruchovosti výrobkov, čo predražuje ich výrobu. Sú náročné i na technológiu spracovania a s rastúcim počtom vnútorných vrstiev rastú i náklady na technológiu spracovania.



**Obr. 5 Viacvrstvová DPS zložená z obrazcov vodivých vrstiev obojstranne plátovaných DPS a lepiacich listov – prepregov**

### *Vodivé fólie na DPS*

Ako vodivá fólia sa pre DPS najčastejšie používa meď, neštandardne aj hliník, striebro a cín. Medená fólia sa v závislosti od čistoty (čistota minimálne 99,5 %) vyznačuje výbornou vodivosťou, veľmi dobrou spájkovateľnosťou, dobrou daktilitou (daktilita je ťažnosť medeného povlaku) a relatívne nízkou cenou. Pre vodivé fólie sa zaužívalo ich označovanie podľa hmotnosti v uncách na štvorcovú stopu (1 OZ/sq.ft. = 305.16 g/m<sup>2</sup>): Poluncová fólia má hrúbku 17,5 μm, jednuncová fólia má hrúbku 35 μm, dvojuncová fólia má hrúbku 70 μm, trojuncová fólia má hrúbku 105 μm. Pre veľmi jemné plošné vodiče so šírkou pod 100 μm sa používa fólia o hrúbke 5 μm, 9 μm alebo 12 μm. Pre prenos vyšších výkonov sa používajú fólie s hrúbkou 70 μm, 105 μm 140 μm alebo aj 170 μm. Medená fólia sa pre účely DPS vyrába valcovaním za tepla alebo galvanickým pokovením.

**Vodivá medená fólia** je spracovaná valcovaním za tepla zo zušľachtených blokov čistej medi. Takto spracovaná fólia má niekoľko nevýhod ako sú mikroskopické poruchy celistvosti a dokonale hladký povrch po obidvoch stranách medenej fólie. Jej výhodou je možnosť valcovania na hrúbku i pod 25µm a výborné vlastnosti pri namáhaní v ťahu.

**Elektrolyticky vylučovaná vodivá medená fólia** sa vyrába ukladaním filmu z roztoku síranu meďnatého  $\text{CuSO}_4$  alebo z roztoku kyanidu meďnatého KCN na točiacie sa valce z nerezovej ocele alebo olova, z ktorých sa medená fólia kontinuálne odlupuje. Výhodou tohto procesu spracovania je rozličná kvalita povrchov po obidvoch stranách medenej fólie: drsný, matný a zrnitý vonkajší povrch, ktorý má lepšie predpoklady priľnúť k prepregu a hladký, lesklý vnútorný povrch medenej fólie. Hrúbka medenej fólie závisí od koncentrácie roztoku, od elektrických a mechanických parametrov elektrolýzy a môže byť menšia ako 2,5 µm.

## **Pomocné materiály DPS**

### ***1 Materiály pre povrchové úpravy DPS***

Povrchová ochrana sa robí za účelom ochrany voči koróznym javom a to aj v prípade pôsobenia vlhkosti, tepla, orosenia či vibrácií, ale tiež za účelom zvýšenia zmáčavosti spájkovacích plôch a zabráneniu tvorby skratov pri spájkovaní (aplikácia nespájkových masiek pozdĺž plochých vodičov s výnimkou spájkovacích plôch). Povrchová ochrana prostredníctvom kovového alebo nekovového „rezistu“ (rezist je vrstva materiálu odolná voči pôsobeniu rozličných reaktantov) sa používa za účelom ochrany plošných vodičov voči vplyvu chemických činidiel vo vymedzených oblastiach plošných spojov. Povrchová ochrana môže byť kovová a nekovová.

Lakované ochranné vrstvy z organického materiálu predstavujú polopriepustnú membránu, ktorá umožňuje prienik vodnej pary a plynov k povrchu plošných spojov (tvorba opuchov) a v dôsledku toho aj lokálnych miest s elektrolytickým účinkom. Následkom toho dochádza k odtrhnutiu laku od podkladu a teda k poruche ochrany. Pred lakovaním musí byť DPS dokonale očistená. Materiály pre povrchové úpravy sa používajú tiež z dôvodu ochrany voči vonkajším vplyvom pri uskladnení.

**Kovové povrchové úpravy DPS** sa realizujú buď po celej dĺžke vodičov DPS alebo v prípade použitia nespájkovacej masky iba na spájkovacích kontaktných plochách. Všetky kontaktné plochy, na ktoré sa nanáša kovová povrchová vrstva, musia byť hladké, bez defektov a s homogénnou nanesenou hrúbkou. Kovové povrchové úpravy DPS sa realizujú z týchto kovov:

- **Med'** bez ďalšieho pokovenia t.j. bez špeciálnych požiadaviek na povrchovú úpravu sa používa pre dočasné ochranné úpravy a na plošné vodiče DPS sa nanáša galvanicky s cieľom vysokej elektrickej vodivosti a dobrej daktility.

- **Cín** sa používa pre zachovanie spájkovateľnosti a nanáša sa galvanicky v hrúbke 5-15 µm. Pri výrobnom postupe však existuje riziko tvorby „whiskrov“ (whisker je štruktúrny útvar materiálu v tvare „dlhých tenkých fúzov“, ktorý sa tvorí pri rýchlom ochladení a ktorý prispieva k degradácii mechanických vlastností).
- **Spájka SnPb** sa používa pre zachovanie spájkovateľnosti plošných vodičov, resp. zvýšenie zmačavosti povrchu medi spájkou. Ich aplikáciou sa vytvára na plošných vodičoch DPS spájkostopá maska, ktorá zohráva úlohu pri spájkovaní a ktorá kopíruje povrch vyleptaných plošných vodičov. Spájkostopá maska slúži tiež ako ochrana voči koróznym vplyvom. Povrchová ochrana vrstvou spájky SnPb sa môže realizovať nasledovnými spôsobmi:
  - **Povrchová úprava DPS pokovením za tepla:** Tento spôsob, ktorý tvorí asi 90 % svetovej produkcie DPS, sa označuje **HAL (Hot Air Solder Leveling)**. HAL predstavuje vyrovnávanie spájky SnPb horúcim vzduchom na plošných vodičoch DPS. Je to štandardný postup v procese výroby dosiek plošných spojov, pri ktorom sa nanáša povlak spájky SnPb eutektického zloženia z taveniny ponorením do roztavenej spájky, z ktorej sa pomaly sa vyťahuje. Pred týmto procesom sa na DPS nanáša tavidlo. Tavidlo, ktoré sa v procese HAL nanáša za účelom kvalitného roztečenia spájky, je rozpustné vo vode a je kompatibilné so všetkými obchodne dostupnými, fotocitlivými a suchými spájkostopými maskami. Na plošných vodičoch sa teda vytvára spájkostopá maska na báze SnPb. Prebytočná spájka je sťahovaná pomocou horúceho vzduchu (tzv. horúcovzdušný nôž). Pred nanášaním vrstvy spájkostopej masky na dosku plošného spoja je nutné z vodičov odstrániť galvanicky nanesenú vrstvu cínu. Táto vrstva by mohla spôsobiť pri spájkovaní alebo pretavení tzv. "plávanie masky". čo je dané nízkou teplotou tavenia cínu, čím by došlo k jej poškodeniu. Na odstránenie cínovej vrstvy z medených povrchov slúži „stripper“ (stripovanie - sťahovanie alebo odstraňovanie povlakov z povrchu materiálov), po ktorom zostane na DPS motív plošných spojov s medeným povrchom, na ktorý sa nanáša nespájkovacia maska.
  - **Galvanicky**, kedy má nanesená vrstva spájky SnPb hrúbku 5 - 15 µm. Táto vrstva sa pretavuje.
  - **Tlačou spájkovacej pasty na báze SnPb.**
- **Zlato** alebo **nikel** sa nanášajú na už povrchovo upravené plošné vodiče DPS pre kontakty priamych konektorov a prepínačov (u nezapuzdrených integrovaných obvodov), pre vysokú koróznou odolnosť, dobrú elektrickú vodivosť a hlavne nízky prechodový odpor. Povrchová predúprava povrchu sa robí za účelom vytvorenia difúznej bariéry zlata alebo niklu z dôvodu ich veľkej migračnej a difúznej schopnosti a v dôsledku toho aj v dôsledku nebezpečia tvorby intermetalických zlúčenín. **Pozlátenie kontaktov** sa robí elektrolytickým vylučovaním zliatinového zlata, pri ktorom sa vytvorí na plošnom spoji zlatá vrstva o hrúbke 2 µm. Aby bolo možné piny priameho konektora pozlátiť, je nutné, aby k nim viedla elektróda vyvedená do 'hornej' časti DPS. Galvanická vrstva sa

vytvorí v miestach, ktoré sú pripojené k elektróde a nie sú zakryté ochrannou páskou. V prípade aplikácie spájkostopej masky je nutné priamy konektor v maske odkryť. Priame konektory potiahnuté touto vrstvou vykazujú vysokú odolnosť voči oteru, dlhodobu nízky prechodový odpor, stálosť v korozívnom prostredí a dobré elektrické vlastnosti.

- **Vysoko vodivá uhľiková pasta** sa na DPS aplikuje sieťotlačou ako vodivý povlak na medených plochách. Používa sa ako náhrada za proces pozlátenia kontaktov. Vodivá uhľiková pasta bola vyvinutá tak, aby dosiahla typický prechodový odpor menší ako  $100\Omega$  a aby mala veľkú životnosť. Elektrické vlastnosti vrstvy sú závislé od podmienok vytvrdzovania.
- **EMC vrstva** sa používa za účelom zníženia emisie z digitálnych systémov, čo je často rozhodujúcim prvkom pri skúške EMC (elektromagnetickej kompatibility) emisie. Konvenčný plošný spoj sa pokryje dielektrikom, ako spodný náter tieniacej vrstvy, ponechávajúc otvory v spodnom nátere na umožnenie prepojenia tieniacej vrstvy so zemou na plošnom spoji. Následným natlačením vodivej pasty na vrch spodného náteru sa vytvorí EMC tieniaca vrstva. Táto vrstva sa nakoniec zakryje vrchným náterom dielektrika a výroba dosky môže pokračovať bežnými operáciami ďalej (HAL, OSP).
- Ďalšie kovové povlaky: Pd, Rh, Rh na Ni,...

#### ***Nekovové povrchové úpravy DPS:***

- **Povlaky pre uchovanie spájkovateľnosti vodivých obrazcov:** Sú ochranné povlaky, ktoré sa môžu pred spájkovaním odstrániť alebo slúžia ako tavidlo. Povlaky zlepšujú alebo uchovávajú elektrické vlastnosti DPS a nanášajú sa pred alebo po spájkovaní.
- **Nespájkovacie masky** slúžia na selektívne vymedzenie existencie spájky na DPS len na oblasť spojov a teda z dôvodu zabránenia zmáčaniu spájkou vo vymedzených oblastiach plošných spojov. Okrem tejto základnej funkcie (zamedziť prístup spájke), úlohou nespájkovej masky je tvoriť ochrannú izolačnú vrstvu plochám, ktoré pokrýva. Existuje niekoľko druhov týchto masiek:

**Snímateľná nespájkovacia maska** sa nanáša na DPS pomocou sieťotlače. Táto maska je jednozložková a teplom vytvrdzovateľná. Medzi hlavné výhody tohto druhu masky patrí jej priľnavosť a elasticita a možnosť ľahkého odstránenia. Táto maska sa používa na ochranu špecifických oblastí DPS v priebehu spájkovania (napr. zakrytie uhľikových vrstiev,...).

**Nespájkovacia maska** bráni zmáčaniu spájkou v oblasti vodičov. Po spájkovaní sa neodstraňuje, ale slúži ako ochranný povlak. Je zvlášť dôležitá, ak DPS bude spájkovaná vlnou a celá spodná strana DPS bude vystavená pôsobeniu horúcej roztavennej spájky. Nespájkovacia maska uľahčuje a zlepšuje technologický proces a znižuje cenu výroby. Existujú tri základné druhy nespájkovacích masiek (Tab. 3):

**Tab. 3 Druhy nespájkovacích (zelených) masiek**

Typ masky	Séria	Farba
suchá nespájkovacia maska	(pre menšie série)	bledozelená farba
mokrú nespájkovacia maska	(pre menšie série)	tmavozelená farba
mokrú svetlocitlivú nespájkovacia maska	(pre väčšie série a vyššie konštrukčné triedy)	tmavozelená farba

*Suchá nespájkovacia maska (suchý rezist v tvare fólie)* je nanášaná na DPS pomocou vákuového laminátora, bezrozpúšťadlovým systémom. Hlavnou výhodou tohto druhu masky je, že homogénna hrúbka vrstvy masky na spojoch aj medzi nimi je daná hrúbkou fólie tejto masky. Táto maska je pri malých sériách cenovo výhodnejšia, ako mokré, čiže sieťotlačové druhy masiek. Po aplikácii suchého rezistu nasleduje tvorba obrazca plôch, ktoré majú byť vystavené spájke. Predloha, ktorá odpovedá obrazcu spájkovacích plôch, sa vystaví UV žiareniu, vrstva suchého rezistu sa na exponovaných miestach vytvrdí a neexponované miesta (obrazce spájkovacích plôch) možno pomocou rozpúšťadiel odstrániť.

*Mokrú nespájkovacia maska* je nanášaná na DPS pomocou sieťotlače. Táto maska je dvojzložková, teplom vytvrdzovateľná. Medzi hlavné výhody tohto druhu masky patrí jej vysoká krycia schopnosť. Táto maska je výhodná pre väčšie série DPS, pretože pri malých sériách vystupujú do popredia náklady na zhotovenie sieťotlačovej sieťky.

*Mokrú svetlocitlivú masku* je nanášaná na DPS pomocou sieťotlače. Táto maska je dvojzložková, teplom a svetlom vytvrdzovateľná. Medzi hlavné výhody tohto druhu masky patrí jej schopnosť zvýšiť klimatickú odolnosť dosiek a zlepšiť dielektrické parametre DPS. Táto maska je výhodná pre väčšie série DPS, pričom sa používa hlavne pre DPS s vyššou hustotou montáže a pre povrchovú montáž súčiastok.

- **Organická vrstva OSP (Organic Solderability Preservative)** je ovrstvenie medených dráh organickým filmom. Tieto materiály, zväčša na báze mononukleárných vrstiev alebo živíc, sa nanášajú sieťotlačou. Použitím tejto technológie sa dosiahne vynikajúci tepelný odpor a zamedzí sa redukcii spájkovateľnosti pri aplikácii technológie SMT. Optimálna hrúbka filmu organickej vrstvy OSP je 0,3 – 0,4 µm. Väčšia hrúbka spôsobuje popraskanie vrstvy, menšia hrúbka zvyšuje náchylnosť k poškodeniu. Výhodou OSP vrstvy je tiež možnosť skladovania DPS vyrobených s použitím tejto technológie až na obdobie 1 roka. Ďalšou výhodou je, že DPS nie sú v procese výroby vystavené tepelnému namáhaniu. Táto technológia sa používa ako náhrada HAL-u.
- **Ochranné laky:** *Silikónový lak* sa používa pre svoju vysokú tepelnú odolnosť a výborné dielektrické vlastnosti. *Akrylátový lak* má všestrannú použiteľnosť. *Kolofónia* rozpustená v etylalkohole je známa u amatérov. *Epoxidy* majú všestranné použitie. *Polyuretánový lak* sa používa pre svoju vysokú odolnosť voči vlhkosti ako odolnosti voči mechanickému namáhaniu, *polyesterový lak*, *silikónový kaučuk*, *polyparaxylény* pre ochranu DPS s veľkou hustotou spojov.

## B TECHNOLOGIE VÝROBY DOSIEK PLOŠNÝCH SPOJOV

### 1 ZÁKLADNÉ POSTUPY VÝROBY DPS

Technológie výroby dosiek plošných spojov sa realizujú niekoľkými spôsobmi, avšak najčastejší je subtraktívny a aditívny výrobný postup.

#### 1. *Subtraktívny postup výroby DPS*

Subtraktívny postup výroby DPS (Obr. 7a) predstavuje klasický postup odleptania prebytočnej medi zo základného materiálu neohybných DPS (jednostranných a obojstranných) a ohybných fólií pokryté medenou fóliou. Medená fólia sa chemicky odleptáva z miest, ktoré nie sú pokryté pozitívnu alebo negatívnu maskou. Masky motívov sa na DPS aplikujú buď sieťotlačou alebo prostredníctvom svetlocitlivých zalaminovaných fólií a filmových predlôh, teda fotocestou.

Subtraktívny postup výroby DPS zahŕňa **výrobné procesy**, ktoré sa líšia druhom materiálu použitej masky:

a/ V prípade **organickej masky** sa aplikujú materiály nekovových povrchových úprav napr. nespájkovacie masky alebo organická vrstva OSP v požadovanom tvare, po čom nasleduje chemické odleptanie častí medenej fólie z DPS s následnou tvorbou plochých vodičov.

b/ Subtraktívny postup s použitím **kovovej masky** využíva negatívne maskovanie vodičov sieťotlačou alebo prostredníctvom svetlocitlivých fólií, vytvorenie kovovej masky (Au, Sn, SnPb) galvanickým pokovením vodičov, odstránenie organickej masky a leptanie nezakrytej medi.

Alternatívy postupu výroby jednovrstvových plošných spojov sú na Obr. 6.

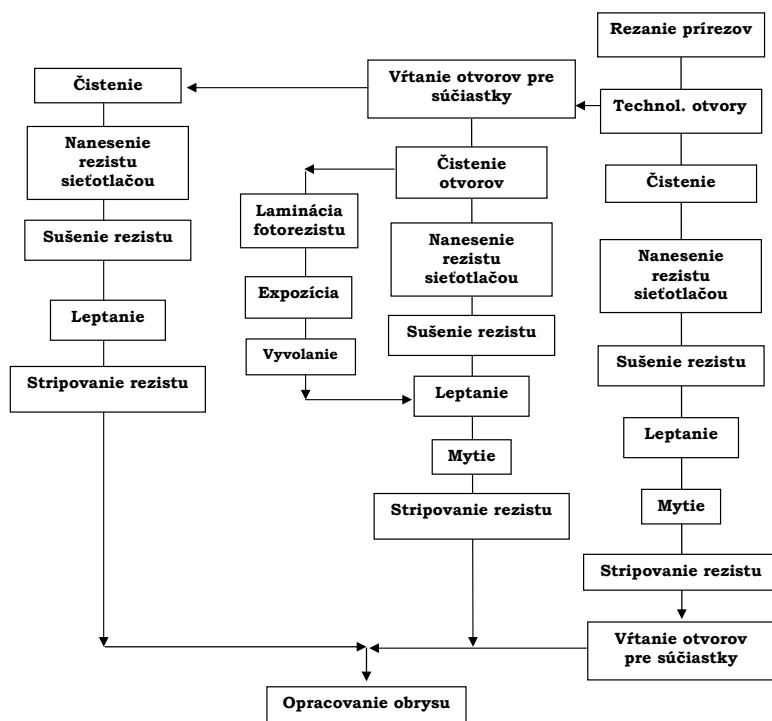
#### 2. *Subtraktívne - aditívny postup výroby DPS*

Subtraktívne - aditívny postup výroby DPS predstavuje vytváranie motívu subtraktívnym spôsobom s následným aditívnym prepojením vodivých motívov bezprúdovým pokovením otvorov. Existuje niekoľko výrobných procesov subtraktívne -aditívneho postupu:

a/ **Kombinovaný subtraktívne - aditívny postup**, ktorý zahŕňa tvorbu motívu subtraktívnym spôsobom s následným prepojením vodičov bezprúdovým pokovením otvorov, sa používa najčastejšie u jednostranných DPS.

b/ **Postup s aplikáciou kovového rezistu** je najbežnejší spôsob aplikovaný pre obojstranne plátované DPS, ktorý obsahuje nasledovné postupy: vŕtanie a príprava povrchov otvorov k pokoveniu, aktivácia povrchu a chemické pokovenie otvorov, negatívne maskovanie vodičov sieťotlačou alebo prostredníctvom svetlocitlivých fólií, galvanické zosilnenie medi v otvoroch na hrúbku 25 µm,

vylúčenie vrstvy kovového rezistu na vodičoch, selektívne odstránenie organickej masky (fotorezistu) – stripovanie, leptanie medi nezakrytej kovovým rezistom ( v amoniakálnom kúpeli ).



Obr. 6 Alternatívy postupu výroby jednovrstvových plošných spojov

c/ **Subtraktívne - aditívny postup s prekrytím otvorov suchým rezistom (tenting):** postup zhŕňa tieto postupy: vřtanie a príprava povrchov otvorov k pokoveniu, aktivácia povrchu a chemické pokovenie otvorov, galvanické zosilnenie medi v otvoroch na hrúbku 25  $\mu\text{m}$ , pozitívne maskovanie motívov a **prekrytie otvorov suchým organickým fotorezistom**, ktorý sa používa ako maska odolná voči leptaniu, leptanie maskou nezakrytej medi.

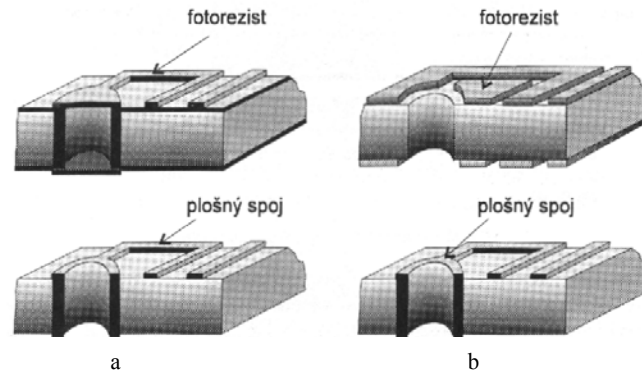
### 3. *Semiaditívny postup výroby DPS*

Základný materiál ( izolant ) nie je pri semiaditívnom postupe pokrytý medenou fóliou a jeho ovrstvenie medou sa realizuje nevytvrdeným adhezivom.

### 4. *Aditívny postup výroby DPS*

Aditívny postup výroby DPS (Obr. 7b) nepoužíva leptanie medi, pretože základný materiál je neplátovaný. Vodiče sa tvoria selektívnym nanášaním chemicko - galvanickou cestou, avšak najprv prebieha ovrstvenie izolantu adhezivom s čiastočným vytvrdením.

Existuje aj postup, kedy sa na neplátovaný substrát nanesie adhezívna vrstva. Na túto vrstvu sa nanesie vodivý prášok, ktorý sa pôsobením laserového lúča zahreje a spojí sa so základným materiálom. Prášok, ktorý sa neohriat, sa jednoducho z dosky sfúkne a môže sa použiť znovu. Laser je ideálny zdroj tepla, pretože môže byť riadený tak, aby „písal“ vodivé cesty podobne ako fotoploter. Pre túto technológiu sa najčastejšie používajú epoxidové, polyimidové, polysulfidové sklolamináty a pre vodivé cesty prášok Au, Cu, In, Pb, Ag, Sn. Použitím submikrónového prášku a precízneho laseru je možné docieľiť šírku vodičov až 25 µm. Týmto spôsobom je možné realizovať aj trojrozmerné tvary.



**Obr. 7 Technológie výroby DPS a) subtraktívna technológia b) aditívna technológia**

## **2 ZÁKLADNÉ VÝROBNÉ PROCESY DPS**

### **1 Tvorba podkladov pre výrobu plošných spojov**

Pre výrobu DPS je potrebné zhotoviť **výkresovú dokumentáciu a filmové predlohy** všetkých požadovaných motívov, **vrtací predpis** a tiež je nutné dodať vstupné **údaje pre fotoploter**. U viacvrstvových DPS sa nepripúšťajú ručne zhotovené predlohy. Výrobné podklady sa musia kontrolovať napr. na presvetľovacom stole.

### **Konštrukčné zásady, výrobné možnosti a obmedzenia DPS**

V technológii SMT ( Surface Mounted Technology ) je nevyhnutné rešpektovať tepelné zmeny DPS pri použití najmä väčších bezvývodových prvkov v keramickom puzdre. Špecifické pravidlá platia pri návrhu DPS, ktoré sa budú spájkovať vlnou. Pri tom je potrebné zvážiť minimálnu teplotnú odolnosť súčiastok ( 260 °C/10s ). Rozloženie vodičov na strane DPS spájkovanej vlnou sa musí orientovať tak, aby nedochádzalo k vzniku mostíkov spájky. Na tejto strane DPS sa musia správne orientovať a umiestňovať súčiastky. Musí sa správne zvoliť hustota spájkovacích plôch vývodov daná úrovňou technologického zariadenia. Musí byť zachovaná dobrá možnosť opravy, čistenia a teda je potrebné vyhnúť sa zbytočnému nahusteniu súčiastok. Pri návrhu musí byť zahrnuté technologické okolie DPS a to v súvislosti



s používanými technologickými zariadeniami počas výroby (vyvrtané otvory slúžia ako orientačné značky pre osadzovací automat, tlačové zariadenie a pod.).

Návrh vodivého obrazca musí zodpovedať určitým pravidlám. Pri návrhu DPS je nutné pamätať na používanie dostatočne veľkých izolačných medzier, šírku vodičov a veľkosť spájkovacích plôšok, výber správneho materiálu. Jednoduchý tvar DPS uľahčuje ich výrobu.

**Maximálne rozmery DPS** sú 500 x 500 mm pre DPS s nepokovenými dierami, 600 x 450 mm pre DPS s pokovenými dierami, 500 x 400 mm pre viacvrstvové DPS.

**Hrúbka DPS:** Typická hrúbka pre jednostranné a obojstranné DPS je 0,2; 0,5; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 1,6; 2; 2,4; 3,2; 6,4 mm. Táto hrúbka sa mení, ak bolo vykonané pokovenie alebo boli nanesené povlaky. U viacvrstvových DPS hrúbka závisí na počte vrstiev, ich hrúbke a použitých lepiacich listoch.

**Rozmery otvorov:** Nepokovené otvory majú štandardný priemer 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 0,9 mm (tolerancia  $\pm 0,05$  mm) a priemer 1,0; 1,3; 1,6; 2,0 mm (tolerancia  $\pm 0,1$  mm). U pokovených otvorov sa udáva tzv. *aspect ratio*: priemer otvoru / hrúbka DPS = 4:1. Obvyklé podmienky pokovenia udávajú hrúbku vrstvy Cu v otvore min 20  $\mu\text{m}$  a hrúbku SnPb 10  $\mu\text{m}$  vo vnútri otvoru. Pre otvory u viacvrstvových DPS platí, že veľkosť otvoru vo vnútornej vrstve oproti vonkajšiemu otvoru musí byť väčšia, ako hotový pokovený otvor.

**Vzdialenosť od spájkovacej plochy k vodiču:** Minimálna vzdialenosť od spájkovacej plochy k vodiču závisí na hrúbke Cu fólie a spôsobe spracovania (Tab. 4):

**Tab. 4 Minimálna vzdialenosť od spájkovacej plochy k vodiču**

Hrúbka medenej fólie	sieťotlač	suchý rezist
9 $\mu\text{m}$	0,4 mm	0,25 mm
17,5 $\mu\text{m}$	0,5 mm	0,25 mm
35 $\mu\text{m}$	0,8 mm	0,30 mm
70 $\mu\text{m}$	1,0 mm	0,35 mm