

Normy oboustranných prokovených desek plošných spojů

Obsah

1	Základní materiál	5	4.3	Pájecí ploška	26
1.1	Typ laminátu	5	4.4	Obráběcí díry	27
1.2	Tloušťka a tolerance hotových desek	5	5	Pozlacení kontaktů	27
1.3	Tloušťky mědi	5	5.1	Obecné požadavky	27
1.4	Stavba	6	5.2	Pokovování niklem a zlatem	28
1.5	Požadavky na laminát hotových desek	6	5.3	Bodliny	28
1.5.1	Obecné požadavky	6	5.4	Pórovitost	28
1.5.2	Bodová delaminace	6	5.5	Přilnavost pokovení	28
1.5.3	Vláknová delaminace	6	5.6	Shodnost polohy obou stran	28
1.5.4	Bublinová delaminace	7	6	Nepájivé masky	29
1.5.5	Delaminace	7	6.1	Obecné požadavky	29
1.5.6	Kruhová delaminace	7	6.2	Tolerance umístění	30
1.5.7	Prostoupení tkaniva	8	6.3	Překrývání prokovů	30
1.5.8	Vystoupení tkaniva	8	6.4	Pokrytí spojů	31
1.5.9	Neúplná vulkanizace	8	6.5	Tloušťka nepájivé masky a úplné vyplněné mezer mezi spoji	32
1.5.10	Kovové vměstky	9	6.6	Nejmenší můstek nepájivé masky	34
2	Obrazec	9	7	Popis součástek	34
2.1	Dokumentace obrazce	9	7.1	Obecné požadavky	34
2.2	Obecné požadavky na obrazec	11	7.2	Tolerance umístění	35
2.3	Obecná změna obrazce	12	7.3	Přesah do pokovení	35
2.4	Definice obrazce pomocí hran	13	8	Nanášení uhlíkové vrstvy	35
2.5	Jamky a výčnělky	13	8.1	Obecné požadavky	35
2.6	Nepokryté plochy a póry	14	8.2	Tolerance umístění	36
2.7	Měděné částičky	14	8.3	Materiály	36
2.8	Přilnavost obrazce	14	8.4	Stupeň podrobnosti uhlíkového obrazce	38
2.9	Vyzvedání mědi	15	8.5	Obecné požadavky na uhlíkový obrazec	38
2.10	Shodnost polohy obrazce	15	8.6	Definice hran uhlíkového obrazce	38
2.11	Zkouška holých desek	16	8.7	Jamky a výčnělky	38
2.12	Automatická sestava desek SMT	16	8.8	Uhlíkové skvrnky	39
3	Pokovené díry	18	8.9	Nepokryté plochy v uhlíkové vrstvě	39
3.1	Obecné požadavky	18	8.10	Přesah uhlíku	39
3.2	Tloušťka pokovení	18	8.11	Hraniční oblasti	40
3.3	Tolerance průměru	18	8.12	Přilnavost	41
3.4	Pájecí ploška prokovu	19	8.13	Vodivost a izolační odpor	41
3.5	Nepokovená místa v prokovených dírách	21	8.14	Stanovení	42
3.6	Pájecí/odpájecí pevnost	22	8.15	Uhlíková pasta přes spoje	43
3.7	Zkušební kupón	22	8.16	Účinek pájení	43
3.8	Nerovná stěna otvoru	22	8.17	Zkouška prostředí	43
3.9	Dutiny v pokovení	23	9	Snímací lak	44
3.10	Zauzliny	23	9.1	Obecné požadavky	44
3.11	Otřepy	23	9.2	Tolerance umístění	44
3.12	Oddělení stěny otvoru od laminátu	24	9.3	Zvláštní požadavky	44
3.13	Trhliny	24	10	Ochrana povrchu	46
3.14	Kontakt pokovení	25	10.1	Obecné požadavky	46
4	Nepokovené díry	26	10.2	Nikl či zlato pro pájení nebo lepení (ponorné zlato)	46
4.1	Obecné požadavky	26			
4.2	Tolerance průměru	26			

10.3	Zlato pro lepení (COB)	46	13.11	Zkosení hranového konektoru	61
10.4	HAL (vyrovnávání horkým vzduchem)	47	13.12	Typy otvorů	61
10.5	Pokovování cínem nebo olovem a přetavení	47	13.13	Určení polohy díry	61
10.6	Pájecí lak	48	13.14	Tolerance umístění děr	62
10.7	Pasivace	49	13.15	Kontrola desky	64
10.8	Jiné metody ochrany povrchu	49	14	Použité zkratky	64
11	Čistota povrchu	49			
12	Pájení	49			
12.1	Obecné požadavky	50			
12.2	Proces pájení	50			
12.3	Pájitelnost po skladování	51			
13	Opracování	51			
13.1	Obecné požadavky	52			
13.2	Zakřivení a zkroucení	52			
13.2.1	Definice zakřivení a zkroucení (na obdélníkových deskách)	53			
13.2.2	Číselné určení zakřivení a zkroucení	54			
13.3	Souřadnicová soustava	54			
13.4	Kótování okraje desky	55			
13.5	Kótování desek v panelech	56			
13.6	Určení okraje	57			
13.7	Tolerance opracování	58			
13.8	Upevňovací spojky desek v panelech	58			
13.9	Vrubování	59			
13.10	Klíčovací zářez konektoru hrany	60			
13.10.1	Umístění zářezu	60			
13.10.2	Opracování zářezu	61			

Normy desek plošných spojů stanovují úroveň kvality oboustranných prokovených desek plošných spojů a mohou proto tvořit základ smlouvy mezi zákazníkem a výrobcem desek plošných spojů.

Po obdržení dokumentace desek plošných spojů je nutné, aby ji výrobce desek plošných spojů zrevidoval a podle svých zkušeností stanovil, kterým specifikacím nelze vyhovět. Dále je třeba, aby výrobce desek plošných spojů zjistil případnou nepřiměřenost míry kvality předlohy či obdržených digitálních dat a zajistil tak požadovanou dlouhodobou úroveň kvality.

V případě neshody mezi normou a dokumentací desky plošného spoje je platná vždy dokumentace desky plošného spoje. Přední je však vždy postup koupě a jeho podmínky.

Tato norma je platná pro oboustranné prokovené desky plošných spojů určené pro konvenčně vedené součásti (pro montáž v dírách, HMT) a/nebo nevedené součásti SMT (pro technologii povrchové montáže, SMT). Prokovy rozumíme konvenční pájecí body HMT (s pájecími dírami) i pájecí body SMT (rastrově tištěné bez pájecích děr) pro technologii povrchové montáže.

1. Základní materiál

1.1 Typ laminátu

Tuhý materiál: FR4

Ostatní typy laminátů mohou být uvedeny ve specifikaci desek plošných spojů.

1.2 Tloušťka a tolerance hotových desek

Obvykle používané tloušťky:

0,4, 0,6, 0,8, 1,2, 1,5, 1,6, 2,4 a 3,2 mm.

Standardní tloušťka je 1,6 mm.

1. NEMA LI 1, Třída II

<i>tloušťka laminátu</i>	<i>tolerance tloušťky</i>
0,4 mm	± 0,08 mm
0,6 mm	± 0,08 mm
0,8 mm	± 0,10 mm
1,2 mm	± 0,13 mm
1,5 mm*	± 0,13 mm
1,6 mm	± 0,13 mm
2,4 mm	± 0,18 mm
3,2 mm	± 0,25 mm

* *Není určeno v normě NEMA LI 1.*

Tloušťka se měří takto:

- a. Výrobce desek plošných spojů:
- na základním materiálu včetně měděné fólie
- b. Zákazníkem:
- pokud možno přes konce spojek hran nebo přes čistě leptaný laminát s přičtením jmenovité tloušťky měděných fólií a s odečtením jmenovitých tloušťek všech masek

Konstrukční poznámka

U zásuvných desek musí být vůle v oblasti vodících příček zajištěna s ohledem na celkovou tloušťku desky, tedy odstraněním všech nepájivých masek z hran desek. V případech, kdy jsou koncové tloušťky mědi kritické, by se měl zákazník poradit s výrobcem desek plošných spojů.

1.3 Tloušťky mědi

Tloušťka mědi uvedená ve specifikaci desky plošného spoje udává tloušťku vrstvy mědi, tedy tloušťku měděné fólie + galvanické zesílení mědi. Pokud specifikace desky plošného spoje neuvádí jinak, určuje tloušťku měděné fólie výrobce desek plošných spojů.

Následující údaje se vztahují na koncovou tloušťku měděné vrstvy:

Standardní zpracování:	35,0 μm ~	hotová tloušťka:	min. 30 μm
Speciální zpracování:	70,0 μm ~	hotová tloušťka:	min. 55 μm

Kladná úchylka záleží na geometrii vzoru a může se pohybovat v rozmezí 30 až 50 μm .

Poznámka

Techniky čistého přidání nejsou bez předchozího souhlasu dovoleny.

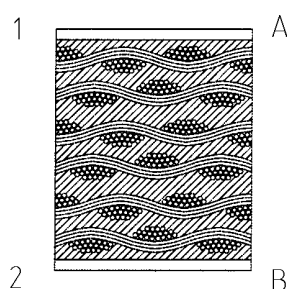
Konstrukční poznámka

Abychom se vyhnuli nesmyslným specifikacím, je nutné si uvědomit, že existuje úzká souvislost mezi požadovanou koncovou tloušťkou mědi a nejmenší šířkou spoje a mezer, protože podleptané stěny spojů jsou stejně velké jako odleptaná tloušťka mědi.

1.4 Stavba

Vrstvy musí být označeny jednoznačně, abychom zajistili správnou stavbu. Označení všech vrstev musí být čitelné od vrstvy 1 nebo vrstvy A (*Obr. 1*).

Obrázek 1



1.5 Požadavky na laminát hotových desek

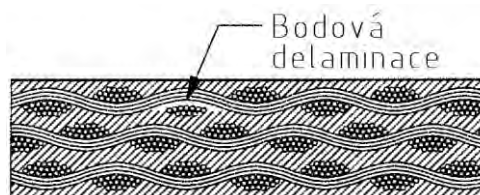
1.5.1 Obecné požadavky

Deska plošného spoje musí být na povrchu a v dírách čistá, bez nečistot, prachu, odřezků vrtání atd. Ve statích 1.5.2 až 1.5.10 jsou uvedeny některé obecné vady laminátu hotové desky plošného spoje.

1.5.2 Bodová delaminace

Bodová delaminace se projevuje v podobě bílých skvrn nebo křížků přímo pod povrchem desky plošného spoje a je způsobena malými dutinami v místech průniku skleněných vláken (*Obr. 2*).

Obrázek 2

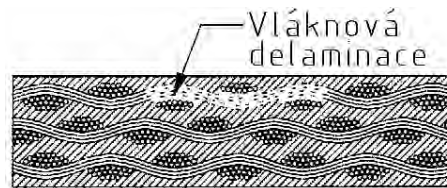


- Body delaminace jsou tolerovatelné, pokud jejich plošná hustota nepřesahuje 50 bodů na 100 cm^2 .
- V bodech delaminace se nesmí vyskytovat žádná nechráněná skleněná vlákna.
- Body delaminace se nesmí navzájem dotýkat.
- Body delaminace nesmí být spojeny s aktivními součástkami měděného obrazce.

1.5.3 Vlákenná delaminace

Vlákenná delaminace může vzniknout jak na povrchu, tak pod povrchem; nejlépe ji můžeme popsat jako spojené body delaminace. K vlákenné delaminaci nejčastěji dochází na opracovaných plochách a v okolí široce vyvrtaných nebo vyražených děr (*Obr. 3*).

Obrázek 3

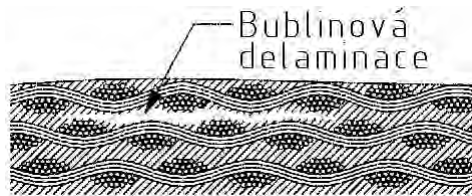


- a. Vlákenná delaminace je důvodem k odmítnutí výrobku jako zmetku.
- b. Výjimku tvoří případy, kdy se oblast vláknové delaminace nachází alespoň 10 mm od aktivních součástí měděného obrazce.

1.5.4 Bublinová delaminace

Pojmem bublinová delaminace označujeme místní boule a oddělení v základním materiálu buď mezi jednotlivými vrstvami skleněných tkanin nebo mezi základním materiálem a měděnou fólií (obr. 4); viz také stať 12.2.

Obrázek 4



- a. Bublinová delaminace je důvodem k odmítnutí výrobku jako zmetku.
- b. Výjimku tvoří případy ručně pájených desek plošných spojů, kde není více než dvě bubliny na 100 cm² a žádná z nich není větší než 1 cm².

1.5.5 Delaminace

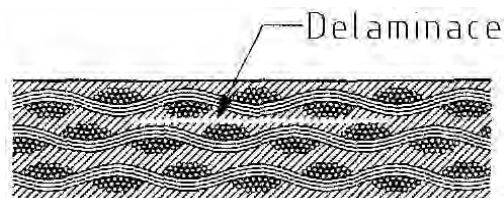
Narozdíl od bublinové delaminace je klasická delaminace táhlejší oddělení vrstev v desce plošného spoje; viz také stať 13.1.

Delaminace je důvodem k odmítnutí výrobku jako zmetku.

Příklad delaminace:

Obrázek 5 ukazuje dvě oddělené vrstvy skleněné tkaniny v základním materiálu. Oddělení může také nastat mezi základním materiálem a měděnou fólií.

Obrázek 5



1.5.6 Kruhová delaminace

Kruhová delaminace se objevuje v podobě světlých oblastí v opracovaných částech desek plošných spojů, například jako světlý prstenec kolem díry, buď přímo na povrchu nebo v základním materiálu (Obr. 6); viz stať 13.1.

Obrázek 6



- a. Kruhová delaminace kolem vyvrtané díry mezi dvěma spoji nebo prokovy je důvodem k odmítnutí výrobku jako zmetku.
- b. Výjimku tvoří případy, kdy je kruhová delaminace zcela oddělená od aktivních součástí měděné vrstvy.

1.5.7 Prostoupení tkaniva

Prostoupení tkaniva pozorujeme, pokud je vnější epoxidová vrstva velice tenká, ale stále skleněnou tkaninu pokrývá (Obr. 7).

Obrázek 7



Prostoupení tkaniva je tolerovatelné, pokud nejsou žádná skleněná vlákna porušená a skleněná tkanina je zcela pokryta epoxidem.

1.5.8 Vystoupení tkaniva

Nepokryté skleněné tkanivo na povrchu desky plošného spoje vznikne tam, kde chybí vnější epoxidová vrstva (Obr. 8).

Obrázek 8



Vystoupení tkaniva je důvodem k odmítnutí výrobku jako zmetku.

1.5.9 Neúplná vulkanizace (vytvrzení)

K neúplné vulkanizaci masky desky plošného spoje dochází v místech, kde jsou plochy mírně měkčí než jinde. Neúplná vulkanizace může mít za následek vznik pruhů během sériového pájení, což je nepřipustné; viz také statě 6.1.g a 12.2. Pruhů však mohou vzniknout také kvůli nepřiměřeným pájecím parametrům, například nesprávnému natažení, takže uživatel musí zjistit důvod, například vyzkoušením pájených desek plošných spojů z jiných sérií.

Neúplná vulkanizace je důvodem k odmítnutí výrobku jako zmetku.

1.5.10 Kovové vměstky

Kovové vměstky v základním materiálu jsou přípustné pouze pod následujícími podmínkami:

- a. Žádná kovová částička není větší než 1 mm v libovolném rozměru.
- b. Vzdálenost mezi kovovou částičkou a libovolnou aktivní součástkou měděné vrstvy je alespoň 0,5 mm.
- c. Hustota je nejvýše dvě částičky na 100 cm².

2. Obrazec

2.1 Dokumentace obrazce

Obrazec desky plošného spoje je určen zákaznickovou dokumentací, která může mít následující podoby:

- a. Vykreslovací data CADu podle normy PERFAG 10 nebo jiné.
- b. Vykreslené filmy odvozené od vykreslovacích dat CADu.

Poznámka

Doporučuje se používat data podle pokynů statě 2.1a. Pokud použijete data podle pokynů statě 2.1b, vyžaduje to zvláštní dohodu s výrobcem desek plošných spojů s ohledem na tolerance a dodací lhůty.

Pokud uživatel dodá taková vykreslovací data CADu, je nutné ještě dodat informace o minimálních hodnotách šířek, izolačních mezer, šířek pájecích plošek, izolace nepájivé masky, informace o vrtání a okrajích.

Výrobce desek plošných spojů přebírá plnou zodpovědnost za výrobu desek plošných spojů podle dodaných vykreslovacích dat CADu.

Pokud zákazník vyžaduje, aby výrobce desek plošných spojů změnil dodaná vykreslovací data CADu, přebírá zákazník plnou zodpovědnost za jakékoliv chyby, ke kterým může dojít v následku požadovaných změn.

Dodaná vykreslovací data CADu se použijí k vytvoření výrobních filmů. Ty mohou obsahovat náhradu výrobních podmínek; předpokládá se tedy, že hotové desky plošných spojů budou totožné s dodanými vykreslovacími daty CADu včetně podstatných tolerancí. Z toho kromě jiného vyplývá, že v obrazci nemusí být nic odstraněno nebo přidáno, například změny barev povrchu.

Pokud je to požadováno, musí být výrobce desek plošných spojů schopen zákazníkovi dodat soubor nenahrazovaných filmů, které jsou graficky totožné s vykreslovacími daty CADu.

Pokud zákazník dodá soubor filmů podle statě 2.1b, bude tento soubor sloužit jako odkaz pro měděný obrazec hotové desky plošného spoje (relativní umístění, šířky spojů, izolační vzdálenosti, rozměry prokovů atd.). Totožný soubor filmů si ponechá i zákazník, může být použit pro přijímací kontrolu hotových desek plošných spojů.

Dokumentace zákazníka, ať už se jedná o vykreslovací data CADu nebo filmy, definují jmenovité hodnoty.

Konstrukční poznámka

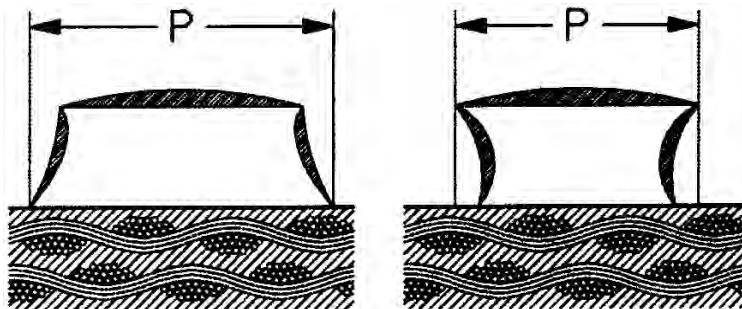
Doporučuje se, aby zákazník provedl seřízení obrazce za účelem dosažení přibližně stejné hustoty obrazce po celé desce, nejen na každé straně, ale i ze strany na stranu. Je to velice výhodné pro jednotnost pokovování a zároveň se snižují problémy se zakřivením a zkroucením.

2.2 Obecné požadavky na obrazec

(„Pravidlo 75%“)

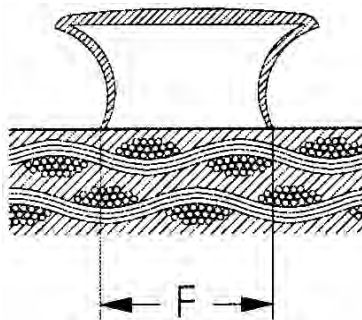
Při libovolné kombinaci požadavků na obrazec uvedených ve statích 2.3 až 2.7 musí být dodrženy základní požadavky *a* až *c*. Všechny míry jsou založeny na svislém promítání *P* na desku (*Obr. 9*).

Obrázek 9



- a. Abychom zajistili přilnavost spoje k laminátu, musí být šířka spoje menší než 75% jmenovité hodnoty. Vztahuje se to také na podstavnou šířku *F* spoje bez ohledu na půdorys, jakákoliv kontrola tedy vyžaduje přípravu mikrovýbrusů (*Obr. 10*).

Obrázek 10



- b. Průměr prokovu HMT nebo jakýkoliv rozměr prokovu SMT nesmí být menší než 75% jmenovité hodnoty jako důsledek místních vad, například jamky podél hrany prokovu. Viz stať 2.5.

Poznámka 1

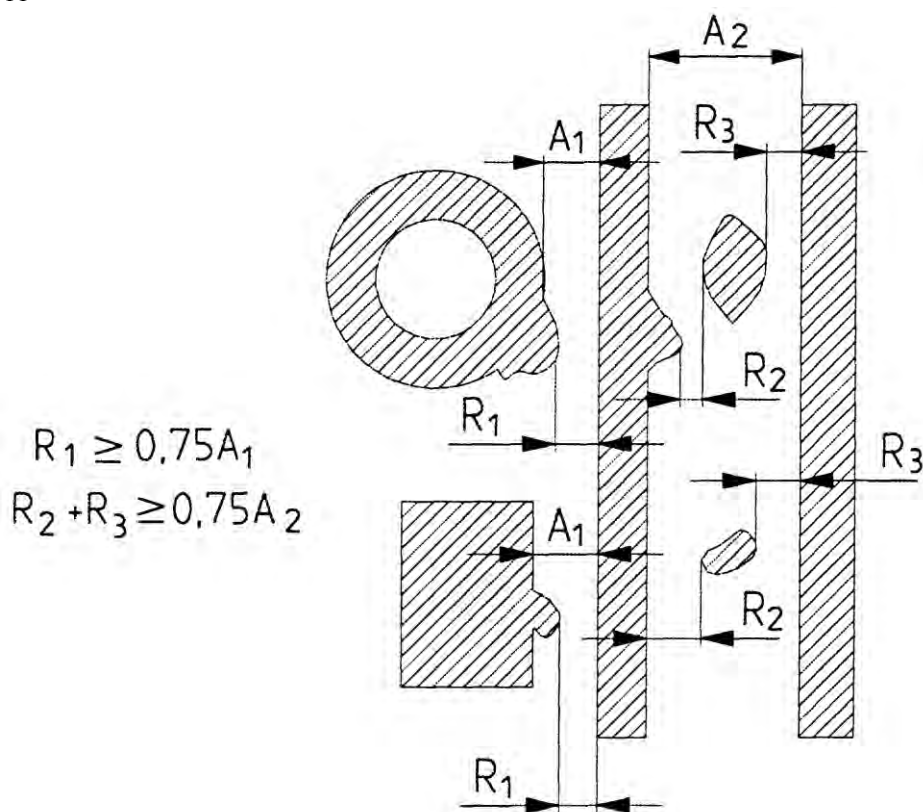
Chyby v umístění hran obrazce přesahující hodnoty uvedené ve stati 2.3 nejsou tolerovány stanoveními ve stati 2.2*b* a nejsou proto přípustné.

Poznámka 2

Pokud nebyla udělena výjimka, je nutné dodržet požadavky uvedené ve stati 3.4, obzvláště velikost odchýlení pájecí plošky, jak určuje stať 3.4*d*.

- c. Izolační vzdálenost *R* mezi jednotlivými součástmi obrazce (spoje, prokovy, atd.) nesmí být menší než 75% jmenovité vzdálenosti *A*. Do odhadu snížení izolační vzdálenosti (*Obr. 11*) by se měly zahrnout i nechtěné náhodné kovové částěčky.

Obrázek 11



2.3 Obecná změna obrazce

Efekty zobrazení chyb, příliš slabé nebo příliš silné leptání a vzrůst pokovení, ale nikoliv záznam, mohou způsobit jednotlivé části obrazce, například rozšíření či zúžení spojů, hrany spoje mohou být přemístěny ve vnitřním nebo vnějším směru.

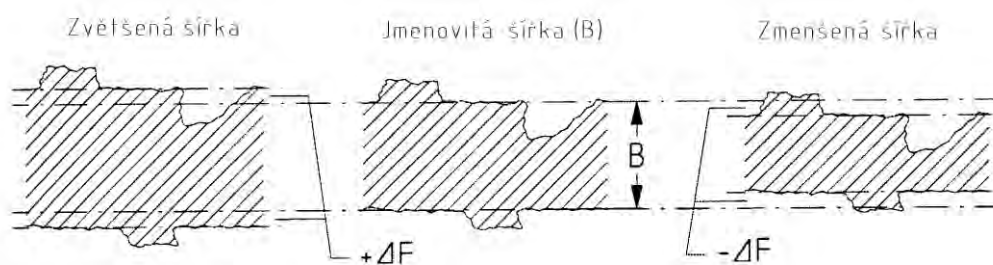
Pokud není tloušťka měděné fólie určena specifikací desky plošného spoje, je nutné ji zvolit podle hustoty obrazce (šířka spojů a izolací). Výrobce desek plošných spojů musí také vždy splnit požadavky uvedené ve statích 1.3 a 3.2 s ohledem na koncovou tloušťku mědi (měděná fólie + galvanické zesílení mědi).

Posunutí hrany obrazce F^* musí být v porovnání s jmenovitou hodnotou menší, než hodnoty uvedené v následující tabulce.

Tloušťka měděné fólie	Posunutí F
5,0 μm	15 μm
9,0 μm	19 μm
12,5 μm	22 μm
17,5 μm	25 μm
35,0 μm	38 μm
70,0 μm	63 μm

* Posunutí F se měří jako polovina změny šířky oproti jmenovité šířce spoje B (Obr. 12), viz stať 2.1 bez ohledu na případné nepravidelnosti, kterými se zabývají stať 2.4 a 2.5.

Obrázek 12



Poznámka 1

Pravidlo 75% uvedené ve stati 2.2 uvažuje dolní mez jmenovitých rozměrů obrazce:

Tloušťka měděné fólie	Nejmenší jmenovitá šířka spoje a izolační mezery
5,0 μm	0,12 mm**
9,0 μm	0,15 mm**
12,5 μm	0,15 mm**
17,5 μm	0,18 mm**
35,0 μm	0,30 mm
70,0 μm	0,50 mm

** Zahrnuje vyrovnávání obrazce, takže lze dosáhnout přiměřeně jednotné hustoty obrazce.

Poznámka 2

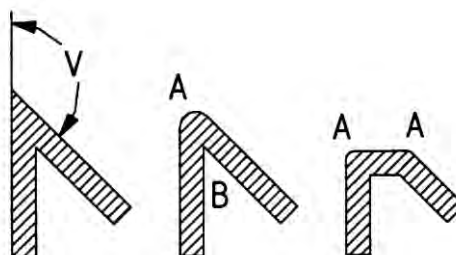
Zobrazení obrazce sítotiskem je normálně vhodné pouze pro šířky stop a izolačních mezer ≥ 0,2 mm.

Konstrukční poznámka

Pokud je spoj ohnutý pod úhlem $V > 90^\circ$, musí být úhel zaoblen nebo oříznut (Obr. 13). Fotografickým vykreslováním lze zaoblit úhel v bodě A, ale ostrá hrana v bodě B zůstane, což může mít za následek riziko:

- a. Vzdušné bubliny pod nepájivými maskami suchého filmu.
- b. Vynechávání inkoustu u nepájivých masek vyráběných sítotiskem.

Obrázek 13

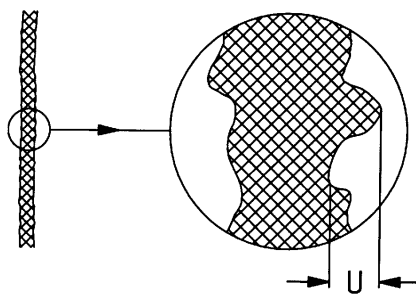


2.4 Definice obrazce pomocí hran

Nerovnost U (definice hran), meze horními a dolními hranami obrazce (Obr. 14) musí být menší než níže stanovená hodnota:

Jmenovitá šířka spoje a izolační mezery	Připustná nerovnost U (shora dolů)
0,12 mm	≤ 0,030 mm
0,15 mm	≤ 0,038 mm
0,20 mm	≤ 0,050 mm
0,30 mm	≤ 0,075 mm
0,50 mm	≤ 0,100 mm

Obrázek 14



2.5 Jamky a výčnělky

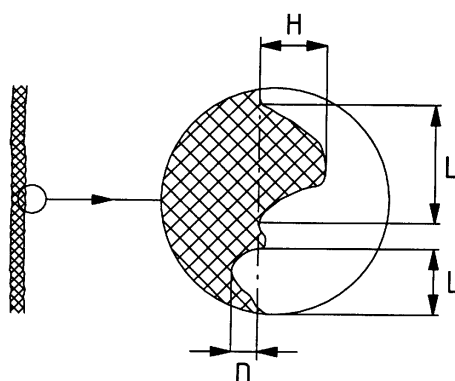
Je přípustné, aby obrazce obsahovaly několik nechtěných jamek a výčnělků podél okrajů, pokud jsou splněny následující podmínky:

- Hloubka D jamky musí být menší než 1 mm.
- Výška H výčnělku musí být menší než 1 mm.

Poznámka

Z pravidla 75% uvedeného ve stati 2.2 vyplývá, že jamky a výčnělky velikosti 1 mm jsou přípustné pouze u spojů šířek 4 mm a více.

Obrázek 15

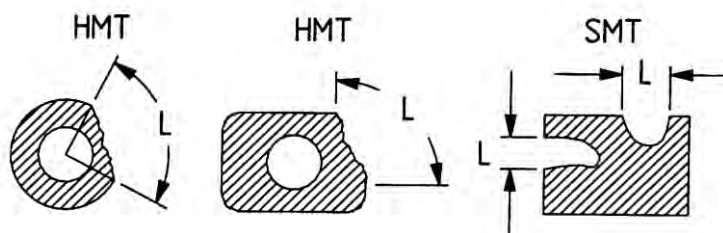


- Délka L jamek a výčnělků nesmí přesáhnout 2 mm. Na prokovy se vztahují následující dodatečná omezení (Obr. 16):

Deska s prokovy HMT: Délka L musí dosahovat nejvýše 25% obvodu.

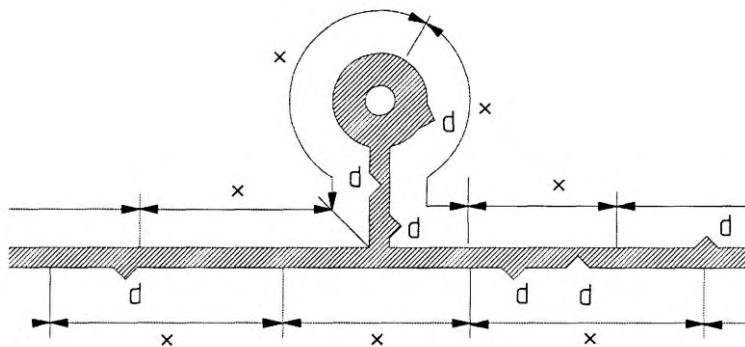
Deska s prokovy SMT: Délka L musí dosahovat nejvýše 25% délky každé hrany.

Obrázek 16



- Průměrný počet vad (jamek a výčnělků) nesmí překročit jednu vadu na 50 mm délky okraje x (Obr. 17).

Obrázek 17



e. K zauzlinám podél hran spojů a prokovů nesmí docházet (*Obr. 18*).

Poznámka

Zauzliny jsou příznakem špatných pokovovacích podmínek. Zauzliny se obvykle vyskytují jako zrnka v řetězci s velmi malým průměrem, přibližně 50 μm . Mají tedy poněkud odlišný charakter než výše zmíněné výčnělky.

Obrázek 18



2.6 Nepokryté plochy a póry

Nechtěné nepokryté plochy a póry v obrazci jsou přípustné pouze pod následujícími podmínkami:

- Průměr díry nesmí překročit 0,15 mm (a pravidlo 75% nesmí být porušeno).
- Průměrný počet děr ve spoji nesmí překročit jednu díru na 50 mm délky spoje.
- V prokovu může být nejvýše jedna díra. Ta se ovšem nesmí vyskytovat na přechodu prokovu a spoje.

2.7 Měděné částěčky

Nechtěné upevněné měděné částěčky způsobené neúplným leptáním jsou přípustné pouze pod podmínkou splnění pravidla 75% a následujících podmínek:

- Žádná částěčka nesmí být větší než 1 mm v libovolném rozměru.
- Nejmenší vzdálenost mezi dvěma libovolnými částěčkami musí být 50 mm.
- Jakákoliv částěčka musí být vzdálena více než 0,5 mm od aktivních součástek obrazce.

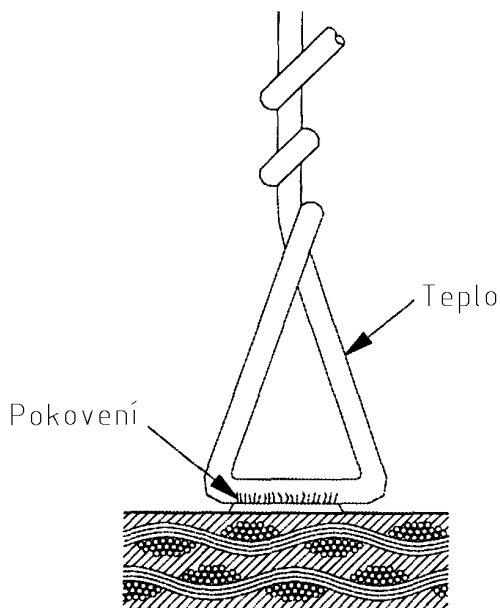
2.8 Přilnavost obrazce

- Spoje:

Po pájení podle pájecích podmínek uvedených ve stati 12.2 musí být přilnavost měděné fólie k základnímu materiálu dostatečně vysoká, abychom zajistili, že pevnost v loupání pro šířku spoje $\geq 0,8$ mm bude větší než 1,4 N/mm. Zkoušení se provádí podle postupu uvedeného ve stati 2.4.8 v normě IPC-TM-650.

- b. Pokovení pro povrchovou montáž:
Pokovení musí vydržet pět cyklů pájení a odpájení drátu velikosti 0,5 mm a po plném zchlazení prokázat pevnost v odtrhu alespoň 5 N/mm². Ze zkoušky plyne, že pokovení musí mít rozměry alespoň 1,5 × 2 mm (Obr. 19). Pájecí teplota by se měla pohybovat v rozmezí od 232 do 260 °C a teplo se musí přenášet pomocí drátu, ne přímo na pokovení.

Obrázek 19



Poznámka

Výše uvedené stanovení se vztahuje na desky plošných spojů s měděnou fólií o tloušťce 35 μ m. Pokud se tloušťka měděné fólie sníží na 17,5 μ m, přilnavost se sníží o 25 %.

2.9 Vyzvedání mědi

Žádná část měděného obrazce nesmí být oddělena (vyzdvižena) od základního materiálu.

2.10 Shodnost polohy obrazce

Výrobce desek plošných spojů musí pečlivě zhodnotit kvalitu dodaného materiálu. Musí také naplánovat výrobu takovým způsobem, aby s ní spojené chyby v umístění byly minimální. Může být například nutné před výrobou ustálit základní materiál za účelem snížení stálé změny rozměru.

Chybné umístění obrazce ΔF lze určit následujícími způsoby:

- Přímým měřením umístění obrazce vzhledem ke jmenovitému umístění.
- Umístěním a zarovnáním původního filmu zákazníka na desku a měřením případných chyb v umístění.

V obou případech je měření respektive zarovnání založeno na základně a orientaci os souřadnicového systému definovaného ve stati 13.3.

Pro desky plošných spojů do rozměru 200 × 200 mm musí být chyba v umístění ΔF menší než 0,10 mm v libovolném směru. Pro větší desky plošných spojů je za hranicí 200 mm povoleno navíc 0,05 mm na každých započatých 100 mm. To se vztahuje na jednotlivé desky a desky dodávané v hrubých přířezech.

2.11 Zkouška holých desek

Níže popsané zkoušky se provádějí, pokud to požaduje zákazník nebo pokud to považujeme za nutné kvůli výrobnímu postupu.

- a. Elektronická zkouška uzavřených nebo otevřených obvodů:
Zkouška se provádí vždy na hotové desce a podle zásady *zlaté desky*, pokud není zadáno jinak. Pokud nelze desku 100% vyzkoušet kvůli povaze obrazce (například vyhlazení pryskyřice), je nutné to zákazníkovi sdělit.

Poznámka 1

Je nutno říci, že *uzavřený obvod* je testovacím zařízením indikován, pokud je odpor izolace pod určitou úrovní. Stejně tak *otevřený obvod* je indikován, pokud má spoj větší odpor, než který je zadán. Velikosti těchto mezí záleží na typu a nastavení zkušebního zařízení. Pokud jsou tyto hodnoty považovány za kritické, je nutné parametry zkoušení konzultovat s výrobcem desek plošných spojů.

Poznámka 2

100% zkouškou rozumíme vyzkoušení všech spojů mezi jejich koncovými body.

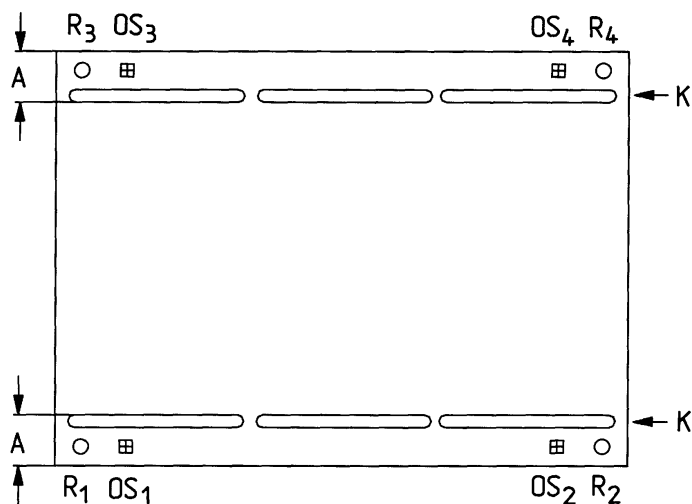
- b. Automatická optická zkouška (AOI):
Jde o optickou zkoušku kritických vrstev v porovnání s digitálními daty, filmy nebo *zlatou deskou*. V případě žádných dalších požadavků může výrobce zkoušet libovolné vrstvy. Z praktických důvodů je nutné před použitím jakýchkoliv masek provést AOI. Přesto však existuje i po provedení zkoušky určitá pravděpodobnost výskytu chyb.

2.12 Automatická sestava desek SMT

U povrchové montáže se obzvláště nabízí možnost automatizace procesu sestavení, ale vyžaduje to zvláštní míry při konstruování desek. Viz *Konstrukční poznámka 3* ve stati 13.5, pokud se jedná o desky v hrubých přířezech.

- a. Volné oblasti podél okrajů:
Transportní systém osazovacího a pájecího automatu vyžaduje jisté volné místo *A* vně čisté plochy desky pro upevnění a umístění desky. Potřebné volné místo záleží na typu zařízení pro automatické osazování, obvykle však jde o 10 mm široké pruhy podél dvou rovnoběžných okrajů desky plošného spoje. Díky příslušné perforaci *K* pak mohou být pruhy po vyrobení sestavy odlomeny (*Obr. 20*).

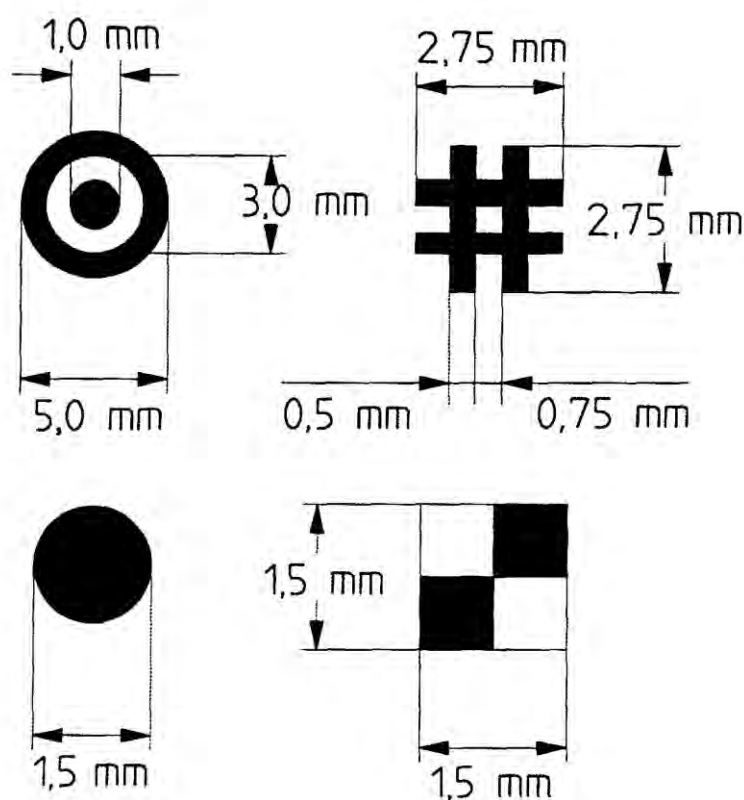
Obrázek 20



- b. Obráběcí otvory:
Umístěním obráběcích otvorů R do okrajů volných pruhů umožníme přesné umístění desky v umístovacím zařízení. Počet obráběcích otvorů může být různý, například dva obráběcí otvory R_1 a R_2 . Aby bylo vložení snadnější, může být otvor R_2 prodloužen rovnoběžně s okrajem desky. V ostatních případech se používají tři nebo čtyři obráběcí otvory (R_1, R_2, R_3 , případně R_4) (Obr. 20); viz také stať 13.12.
- c. Optické cíle:
Pokud umístovací zařízení nemá optický umístovací systém, musí být optické cíle OS (rámečkové značky) umístěny blízko obráběcích otvorů, buď v efektivní oblasti desky nebo ve volných okrajových částech. Použijí se alespoň tři rámečkové značky, OS_1, OS_2 a OS_3 . Rámečkové značky nemusí být pokryty pájecí nebo izolační maskou. Rámečkové značky jsou leptány v mědi a slouží jako odkaz pro proces sestavení (Obr. 21).

Příklady rámečkových značek jsou zobrazeny na Obrázku 21.

Obrázek 21



Konstrukční poznámka

Dodatečnému zjišťování informací výrobce desek plošných spojů ohledně rámečkových značek, které se mohou podobat špatně umístěným pokovením, můžeme předejít zahrnutím příkladu rámečkové značky s textem *Rámečková značka pro sestavu* do specifikace desky plošného spoje.

3. Pokovené díry

3.1 Obecné požadavky

- a. Díry v základním materiálu je nutno vyvrtat takovým způsobem, aby byly splněny požadavky pro sílu pájení uvedenou ve stati 3.6, stěny díry tedy musí mít určitou drsnost. Rovněž požadavky uvedené ve stati 12.2 musí být splněny, drsnost tedy musí být dostatečně malá, aby bylo měděné pokovení rovnoměrné a nenamáhané.
- b. V pokovení nesmí přecházet žádná skleněná vlákna.
- c. Vrstva pokovované mědi a krycí kovová vrstva musí být na otvoru neporušená.
- d. Díry v hotových deskách musí být zbaveny nečistot, prachu, odřezků z vrtání atd. a musí být plně pájitelné; viz stať 3.5.

3.2 Tloušťka pokovení

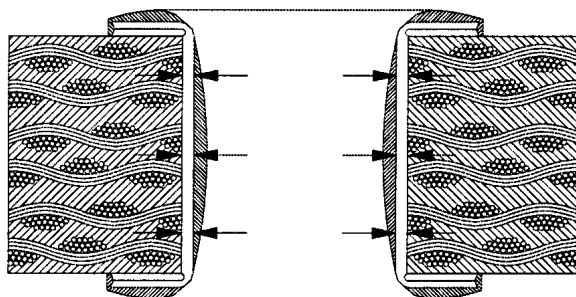
Pro jmenovitou tloušťku desky plošného spoje t a jmenovitý průměr díry d platí následující vztahy:

- a. Pro $d \geq 0,25t$ (poměr $t/d \leq 4$):
Tloušťka mědi v libovolné určité díře: min. 25 μm
Tloušťka mědi v určitých částech stěny díry: min. 15 μm
- b. Pro $0,2t \leq d < 0,25t$ (poměr $4 < t/d \leq 5$):
Tloušťka mědi v libovolné určité díře: min. 18 μm
Tloušťka mědi v určitých částech stěny díry: min. 12 μm

Více informací o malých mezerách v pokovování děr naleznete ve stati 3.5.

Tloušťka mědi je určena jako průměrná hodnota šesti měření, třech po každé straně výřezu v hloubkách přibližně 1/4, 1/2 a 3/4 shora (*Obr. 22*). Bod měření by měl být mimo případně místně zeslabené či zesílené oblasti.

Obrázek 22



3.3 Tolerance průměru

Tolerance se vztahují na hotové díry o jmenovitém průměru d .

a. Standardní tolerance:

Jmenovitý průměr d	Tolerance
$d \leq 2,0$ mm	$\pm 0,10$ mm
$2,0 < d \leq 5,3$ mm	$\pm 0,15$ mm
$d > 5,3$ mm	$\pm 0,20$ mm

Je dovoleno přibližování děr o jmenovitém průměru $d < 0,6$ mm kvůli technologii HAL nebo přetékání.

b. Menší tolerance:

Menší tolerance stanovené dále mohou být ve zvláštních případech stanoveny ve specifikaci desky plošného spoje a jsou platné pouze pro pokovování mědi. Menší tolerance by měl odsouhlasit výrobce desek plošných spojů.

3.4 Pájecí ploška prokoveného otvoru

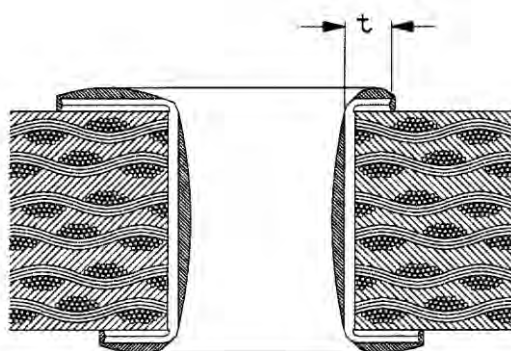
Pájecí ploškou prokovu HMT rozumíme oblast ležící mezi vnějším okrajem pájecí plošky a pájecí díry. Vyvrtání díry více či méně mimo přesný střed může mít za následek odchýlenou pájecí plošku. Záleží to na jmenovitém vnějším průměru prokovu oproti jmenovitému rozměru díry; viz statě 3.4a až 3.4d. Jmenovitá šířka pájecí plošky tvoří základ pro hodnocení hotové desky plošného spoje.

a. Obecný požadavek:

Šířka t pájecí plošky musí být na hotové desce plošného spoje $\geq 0,05$ mm.

Na Obrázku 23 je znázorněna metoda měření šířky pájecí plošky.

Obrázek 23



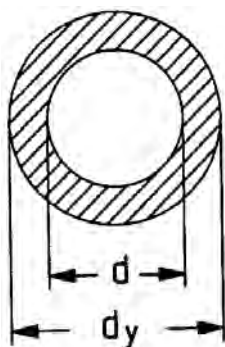
Konstrukční poznámka

Aby byly splněny výše uvedené požadavky, musí být vnější průměr prokovu určen vztahem:

$$d_y \geq d + 0,4 \text{ mm},$$

kde d_y označuje vnější průměr pájecí plošky a d označuje jmenovitý průměr díry. Odpovídá to pájecí plošce o šířce 0,2 mm (Obr. 24).

Obrázek 24

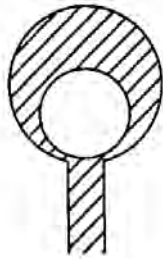


Z bezpečnostních důvodů je doporučeno zvětšit rozměr d_y o 0,1 mm, vztah tedy bude mít tvar
 $d_y \geq d + 0,5 \text{ mm}$

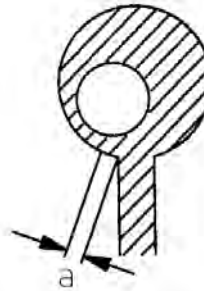
- b. Je přípustné, aby byla pájecí ploška odchýlena v 1% všech prokovů, pokud k tomu nedojde v místě připojení spoje (Obr. 25). Nejmenší vzdálenost mezi odchýlením a hranou spoje je 0,05 mm (Obr. 26).

Obrázek 25

Nepřípustně



Obrázek 26



Konstrukční poznámka

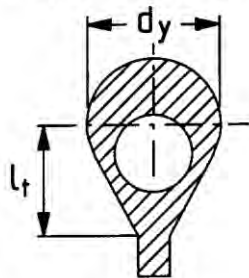
Přidáním kapkovitého pokovení (Obr. 27) nebo kulovitého pokovení (Obr. 28) lze napravit odchýlení pájecí plošky v místech, kde na prokov navazuje spoj a kde $d_y < d + 0,4 \text{ mm}$. Tento postup usnadní vyrobiteľnosť desky plošného spoje a výrobce desek plošných spojů jej po domluvě může použít.

Délka kapkovitého pokovení l_f by měla být 1,2 až 1,4 násobkem d_y měřeno od středu prokovu.

Průměr kulovitého pokovení d_s by měl být 0,7 až 0,8 násobkem d_y , s takovým umístěním na spoji, aby se jeho hrana dotýkala středu prokovu.

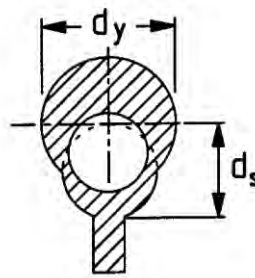
Obrázek 27

Kapkovité pokovení



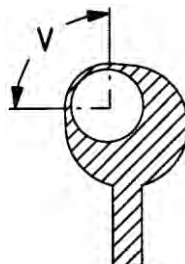
Obrázek 28

Kulovité pokovení



- c. V případě odchýlení pájecí plošky smí připadnout mimo prokov nejvýše 90° (úhel V) obvodu vyvrtané díry (stěny díry) (Obr. 29).

Obrázek 29

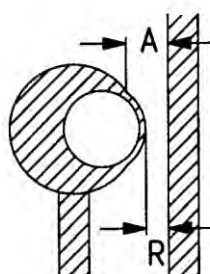


- d. Skutečná rozteč R mezi vnějším obvodem vyvrtané díry (stěny díry) nepřesně umístěné díry a přilehlým spojem nesmí být menší než 75% jmenovité hodnoty A mezi prokovem a spojem (Obr. 30) včetně případných chyb obrazu spoje, jak je uvedeno ve statích 2.2 až 2.7.

Konstrukční poznámka

Při určování jmenovité hodnoty rozteče musíme brát v úvahu, že poloměrový rozsah odchýlení může nabýt hodnoty až 50 μm , pokud dojde k případu uvedeném ve statí 3.4c.

Obrázek 30

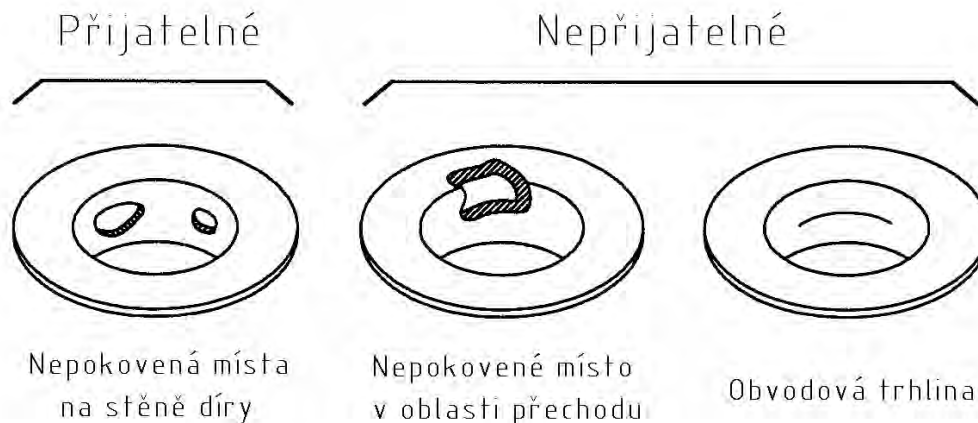


3.5 Nepokovená místa v prokovených dířách

Nepokovená místa (Obr. 31) jsou přijatelná jen za následujících podmínek:

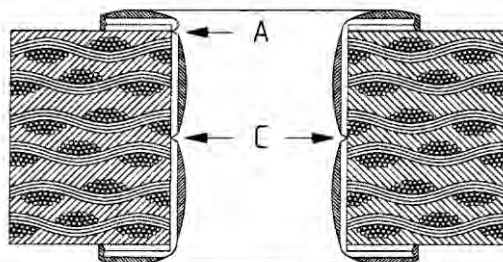
- V jednom prokovu smí být nejvýše tři nepokovená místa. Počet takových prokovů však nesmí přesáhnout 2% všech prokovů.
- Celková plocha nepokovených míst jednoho pokoveného otvoru nesmí překročit 5% plochy stěny díry.

Obrázek 31



- Na rozhraní pokovení díry a pájecí plošky nesmí být žádná nepokovená místa. (A). Navíc není přípustné, aby bylo na stěně díry na stejné kružnici více nepokovených míst (C), vedlo by to na obvodovou trhlinku.

Obrázek 32



3.6 Pájecí/odpájecí pevnost

Prokov musí vykázat dostatečnou přilnavost k základnímu materiálu umožněním pětinasobného odpájení a pájení drátu připájeného do pokoveného otvoru. Teplota pájecí špičky by měla být mezi 232 a 260 °C a teplo musí odvádět drát, nikoliv prokov. Zkouška se provádí podle normy IPC-TM-650, stať 2.2.36.

3.7 Zkušební kupón

Pokud to vyžaduje specifikace desky plošného spoje, je nutné podporovat zkušební kupóny. Následující volby jsou standardem:

- Na jednu desku plošného spoje se použije jeden zkušební kupón. Musí být připojený k desce plošného spoje, ale pro snadné oddělení opatřený oddělovacím můstkem.
- Na jednu sériovou sadu desek plošných spojů se použije jeden zkušební kupón. Zkušební kupón a jednotlivé desky plošných spojů ze sériové sady musí být označeny, aby byla zajištěna identifikovatelnost.
- Pro každou vyrobenou dávku se použije jeden zkušební kupón a protokol včetně fotografií.

Dokumentace desky plošného spoje zákazníka (viz stať 2.1) může obsahovat zákazníkuv vlastní zkušební kupón, pravděpodobně standardní zkušební kupón dodaný společně se smlouvou s výrobcem. Takový zkušební kupón musí být vykreslen na filmy současně s obrazcem. Volbu a umístění zkušebního kupónu může také zákazník ponechat na rozhodnutí výrobce.

Místo zkušebních kupónů či jako náhražka může být požadováno, aby každá dodávka obsahovala jednu zkušební označenou desku, aby si mohl zákazník připravit vlastní mikrovýbrusy. Deska může být i vadná a je jen kvůli mikrovýbrusům. Zkušební (vadné) desky plošných spojů by měly mít rohové oříznutí, aby se nepomíchaly s dobrými.

Kontrola stanovení ve státech 3.8 až 3.14 a 1.5.5 se provádí na základě mikrovýbrusů.

Mikrovýbrusy pro stať 3.8 až 3.12 se připravují bez jakékoliv úpravy desky. V případě statí 3.13 a 1.5.5 je nutné desku zapéci 6 a půl hodiny při teplotě 130 °C, potom tavit (Alpha 100 neaktivovaná) a bezprostředně pájet při teplotě 288 ± 6 °C 10 vteřin před přípravou mikrovýbrusů.

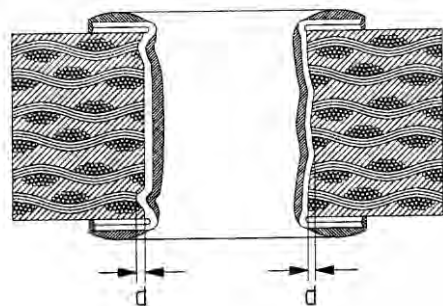
Poznámka

Dobry výsledek testu pomocí zkušebního kupónu nelze považovat za rozhodující důkaz o dostatečné kvalitě desky plošného spoje, kdežto na druhé straně špatný výsledek znamená rozhodující důkaz o nedostatečné kvalitě desky plošného spoje.

3.8 Nerovná stěna otvoru

Stěna otvoru nesmí vykazovat úchylku d větší než 75 μm (Obr. 33).

Obrázek 33



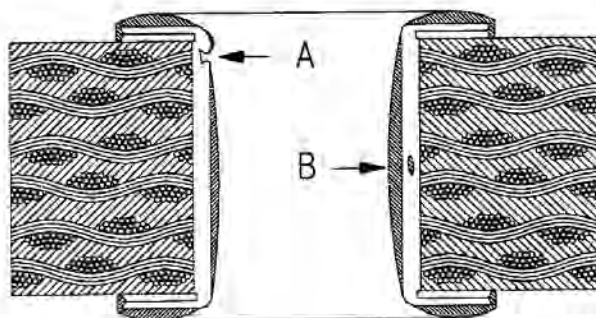
3.9 Dutiny v pokovení

Dutiny v pokovení* (Obr. 34) jsou přípustné pouze pokud jsou splněny následující požadavky:

- Stěna otvoru musí jinak vykazovat hladkou a souvislou strukturu.
- Oblast kolem dutiny v pokovení nesmí jevit žádné známky trhlin.
- Zbývající vrstva mědi měřeno od dolního okraje dutiny v pokovení k vrtané stěně otvoru musí splnit požadavky uvedené ve stati 3.2. Jinak je dutina považována za nepokrytou plochu podle statě 3.5.

- * (A) Otevřená dutina v pokovení.
(B) Uzavřená dutina v pokovení.

Obrázek 34

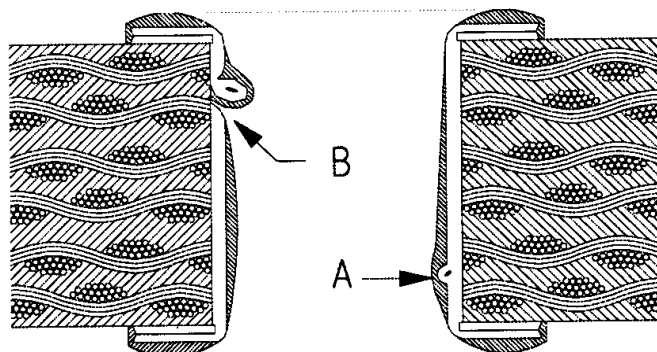


3.10 Zauzliny

Zauzliny (Obr. 35) jsou přípustné pouze pokud jsou splněny následující požadavky:

- Stěna otvoru musí jinak vykazovat hladkou a souvislou strukturu (A).
- Průměr díry musí splnit požadavky uvedené ve stati 3.3.
- Oblast kolem zauzliny nesmí jevit žádné známky trhlin (B); viz také stať 3.14.

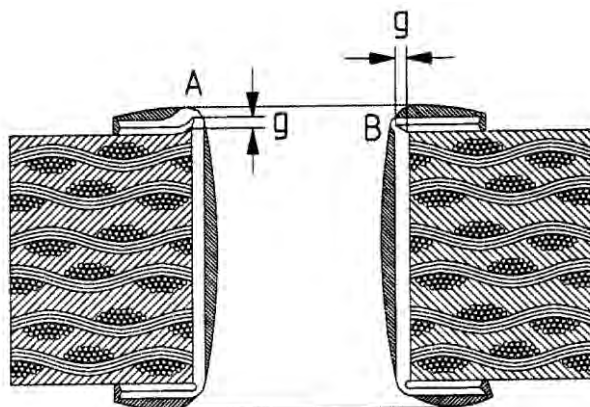
Obrázek 35



3.11 Otřepy

Měděné otřepy (Obr. 36) u hrany vyvrtaného otvoru nesmí mít výšku g větší než 50% tloušťky fólie, nejvíce však 25 μm . Výškou otřepu rozumíme rozměr otřepu od paty až k vrcholu (A), i když je otřep zploštěný (B).

Obrázek 36

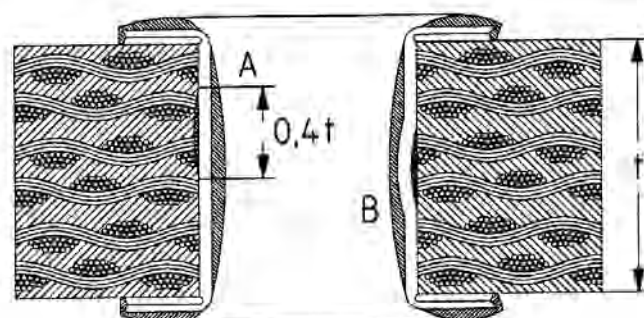


3.12 Oddělení stěny otvoru od laminátu

Oddělení je přijatelné, pokud svým rozměrem nepřesahuje 40 % tloušťky t desky plošného spoje (Obr. 37). V případě mikrovýbrusu se to vztahuje na každou stranu mikrovýbrusu. Oddělení se může projevit jako:

- Odstoupení pryskyřice kolem stěny otvoru (A).
- Odštipnutí stěny otvoru (B).

Obrázek 37



3.13 Trhliny

Trhliny (Obr. 38) nejsou přípustné.

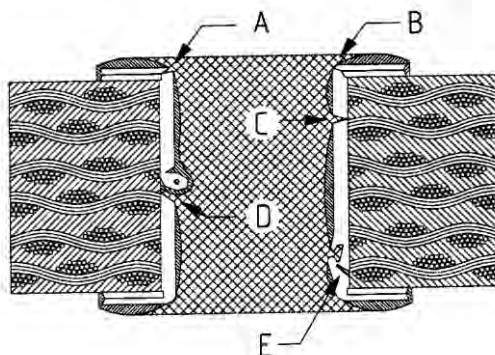
Příklady trhlin:

- Rohové trhliny (A) a (B), pravděpodobně obvodové.
- Obvodová válcová trhlina (C).
- Trhlina kolem zauzliny (D) a dutiny v pokovení (E).

Poznámka

Předchozí pájení je dodrženo v souladu s pájecími podmínkami uvedenými ve stati 3.7, pokud nebyl jeden z pájecích procesů uvedených ve stati 12.2 již proveden.

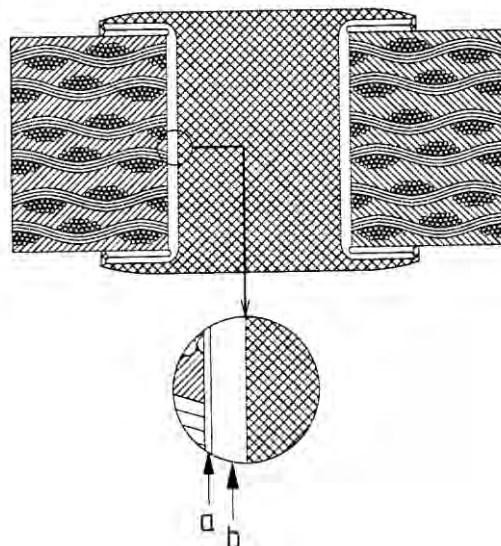
Obrázek 38



3.14 Kontakt pokovení

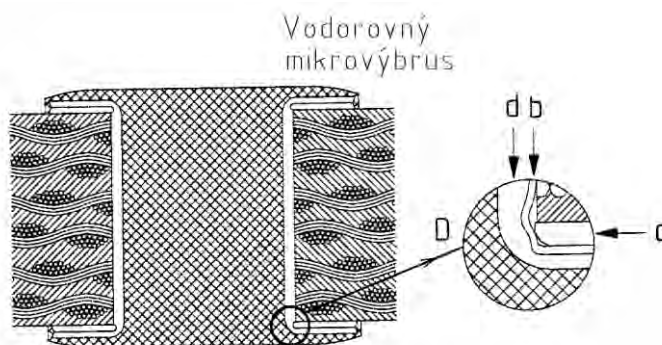
- a. Válec díry:
Je vyžadován plný pokovovací kontakt mezi chemicky nanesenou vrstvou *a* a elektrolyticky nanesenou měděnou vrstvou *b* válce díry (Obr. 39).

Obrázek 39



- b. Prokovy:
Plný pokovovací kontakt mezi chemicky nanesenou vrstvou *b* stěny díry a hranou prokovu *c* není vyžadován. Částečný pokovovací kontakt (*D*) (Obr. 40) je přijatelný. Elektrolytická měděná vrstva je označena písmenem *d*.

Obrázek 40



Poznámka

Předchozí pájení je dodrženo v souladu s pájecími podmínkami uvedenými ve stati 3.7, pokud nebyl jeden z pájecích procesů uvedených ve stati 12.2 již proveden.

4. Nepokovené díry

Nepokovené díry se používají jako pájecí díry nebo jako montážní díry. Obecně se u montážních děr nepoužívají pokovení. Na výkresu předlohy musí být uvedeno, zda může výrobce z ekonomických důvodů pokovovat i montážní díry. Pokovení však nelze v montážních dírách provést bez předchozí dohody se zákazníkem.

4.1 Obecné požadavky

- Pokovení se nesmí odlučovat od základního laminátu.
- Výška možných otřepů na horních a dolních stranách děr musí být menší než 50 μm .
- Není vyžadováno plné pokrytí hrany díry s ochranným povlakem.

4.2 Tolerance průměru

Tolerance se vztahují na hotové díry se jmenovitým průměrem d .

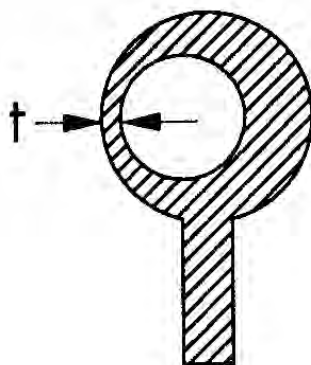
Jmenovitý průměr d	Tolerance
$d \leq 5,3 \text{ mm}$	$\pm 0,05 \text{ mm}$

Díry se jmenovitým průměrem $d > 5,3 \text{ mm}$ se vyrábějí podle pravidel pro zpracování obrysu; viz stať 13.

4.3 Pájecí ploška

Šířka t pájecí plošky nesmí být na hotové desce nikde menší než 0,15 mm. (Obr. 41).

Obrázek 41



Požadavek se vztahuje na jednotlivé desky a na desky v hrubých přířezech až do velikosti 450 × 450 mm.

Jmenovitá šířka pájecí plošky tvoří základ odhadu hotové desky plošného spoje.

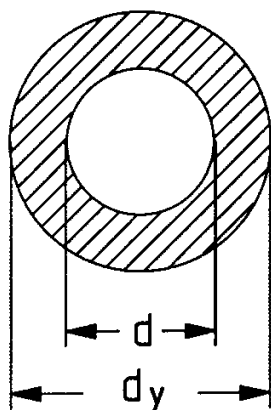
Konstrukční poznámka

Je zřejmé, že vnější průměr d_y pokovení je určen vztahem

$$d_y \geq d + 0,8 \text{ mm},$$

kde d je jmenovitý průměr díry (Obr. 42). Odpovídá to šířce pájecí plošky 0,4 mm.

Obrázek 42



4.4 Obráběcí díry

Abychom dosáhli nejlepší možné přesnosti umístění děr vzhledem k obrazci, je nutné vyvrtat naváděcí díry při prvním vrtání společně s dírami, které budou pokovované. U naváděcích děr musí být proveden tenting dříve, než následující proces pokovení; viz stať 13.12.

Obvyklé průměry naváděcích děr se pohybují v rozmezí 3,0 až 3,5 mm. Více informací o naváděcích dírách naleznete ve stati 4.2.

Naváděcí díry musí být jasně označeny na výkrese předlohy.

Konstrukční poznámka

Doporučený průměr díry je 3,0 mm.

Volné okrajové plochy o šířce alespoň 0,4 mm, raději však 0,5 mm od nejbližších měděných oblastí, jsou vyžadovány z důvodu zajištění trvalého tentingu. Nedoporučuje se tenting děr s průměrem > 3,5 mm.

5. Pozlacení kontaktů

Silná vrstva elektrolytického zlata se používá hlavně ve spojení s řešením problému opotřebení otěrem kovových ploch, například hranové konektory. V rámci výběrového pokovování je možné pokovení přepínačů, kontaktních ploch atd. niklem či zlatem.

5.1 Obecné požadavky

- Plocha musí být hladká, nepoškrábaná a s jednotným vzhledem všech kontaktů.
- Všechny neopracované hrany je nutno pozlatit.
- Pokud specifikace vyžaduje selektivní pozlacení, hrany se nezlatí.
- Odlupování pokovení není přípustné; viz stať 5.5.
- Rozhraní mezi pozlacenými plochami a spoji musí být provedeno tak, aby se zabránilo korozi.

Poznámka

Podmínkou je konstrukce obrazce se vzdáleností $D \geq 1,0$ mm mezi horní částí konektoru a hranou nejbližšího prokovu HMT nebo SMT (Obr. 43).

Obrázek 43



5.2 Pokovování niklem a zlatem

a.

Dolní vrstva	Nikl
Ryzost	min. 99,5 %
Tloušťka	min. 4 μm

b.

Horní vrstva	Tvrdé zlato
Ryzost	min. 99,7 %
Tloušťka*	min. 1,27 μm

* měřeno pomocí radiografické metody nebo mikrovýbrusem

Poznámka

Při kombinaci zlcení ponorem pro ochranu povrchu bude vrstva niklu stejná jako ve stati 10.2.

5.3 Bodliny

Bodliny nejsou přípustné.

5.4 Pórovitost

Hustota pokovení musí být dostatečná, aby byly splněny požadavky normy IPC-TM-650, stať 2.3.24.

5.5 Přílnavost pokovení

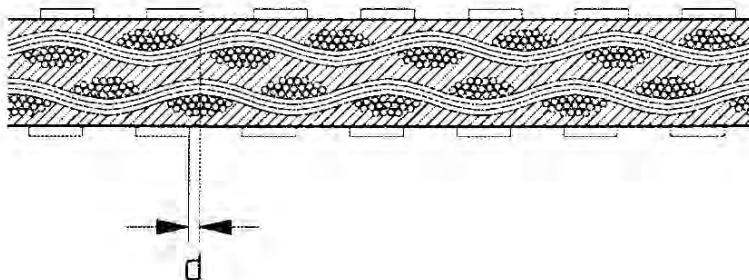
Požadavky pásové zkoušky normy IPC-TM-650, stať 2.4.1, musí být splněny. Alternativou je použití samolepící pásky typu 810 společnosti 3M.

5.6 Shodnost polohy obou stran

Je povolena chyba ve shodnosti polohy d 0,2 mm mezi konektory na opačných stranách desky plošného spoje (Obr. 44).

Poznámka

Tento požadavek platí pro celkovou délku konektoru nejvýše 200 mm.



6. Nepájivé masky

Nepájivé masky se používají na jedné či obou stranách desky plošného spoje pro omezení nebo izolaci oblastí obrazce desky plošného spoje podle zákaznickovy specifikace.

Nepájivá maska může být nanášena sitotiskem nebo fotopolymerním suchým či mokrým filmem, vše podle specifikace zákazníka.

6.1 Obecné požadavky

- a. Nepájivá maska musí mít dobrou přilnavost k povrchu a nesmí být poškozena, pokud je deska hromadně pájená (viz stať 12.2).
 1. Nepájivá maska na holou/zoxidovanou, poniklovanou/pozlacenou nebo pasivovanou měď:
Na nepájivé masce nesmí být žádné vrásky, vláknová delaminace nebo odloupaná místa. Přilnavost se zkouší podle normy IPC-TM-650, stať 2.4.28.1. Alternativním typem pásky je typ 810 společnosti 3M.
 2. Nepájivá maska na přetaveném cínu/olovu:
Mírné vrásky na nepájivé masce jsou po hromadném pájení přípustné. Nepájivá maska musí odpovídat struktuře ztuhlého cínu/olova. Odlepování nesmí nastat v místech, pod nimiž procházejí spoje užší než 1,27 mm. Zkouška se provádí podle normy IPC-TM-650, stať 2.4.28.1. Alternativním typem pásky je typ 810 společnosti 3M.
- b. Nepájivá maska nesmí mít žádné trhliny či neúmyslná přerušení, například nad spoji.
- c. Zbytky nepájivé masky nebo neúmyslné pokrytí pokovených otvorů maskou je nepřipustné. Toto platí pro jmenovité průměry děr $\geq 0,6$ mm v případě masek suchých filmů a $\geq 0,3$ mm v případě nepájivé masky kapalného filmu.
- d. Nepájivá maska musí vzdorovat běžně používaným rozpouštědlům, mýdlům a tavidlům.

Poznámka

Schopnost nepájivé masky odolávat tavidlům a čističům, které používá zákazník, musí být zajištěna po dohodě s výrobcem desek plošných spojů.

- e. Nechtěné kovové částičky, například odřezky od vrtání, se nesmí nacházet coby vměstky v nepájivé masce nebo přilepené k povrchu nepájivé masky.

- f. Ani iontové znečištění, ani žádné jiné znečištění nacházející se pod nepájivou maskou nesmí být na vyšší úrovni, než odpovídá $1,56 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ NaCl podle normy ANSI/IPC-RB-276, stať 3.13.3. Odpor izolace mezi dvěma libovolnými uzlovými body musí být $\geq 500 \text{ M}\Omega$ při zkušebním stejnosměrném napětí 100V a teplotě $40^\circ\text{C}/93\% \text{ RH}$.
- g. Nepájivá maska musí být plně vytvrzená. Více informací o výskytu pruhů naleznete ve stati 1.5.9. Pokud jsou způsobeny neúplným vytvrzením, nejsou v případě jejich výskytu po hromadném pájení přípustné. Pruhy však mohou být způsobeny i nevhodnými parametry pájení, například nesprávným tavením, v tom případě musí uživatel objasnit důvod, například pájení desek z jiných dodávek.
- h. Pod nepájivou maskou nesmí být žádná delaminace nebo vzdušné kapsy.
- i. Bodliny v nepájivé masce se nesmí vyskytovat s hustotou větší než dvě bodliny/ cm^2 . Bodliny definujeme jako přerušeni s nejvyšším rozměrem 0,1 mm.

Konstrukční poznámka

Během nanášení pronikne materiál masky propojovacími otvory a malé díry nebude možné ve vývojce zcela vyčistit.

V případě nepájivých masek suchých filmů musí být propojovací otvory s průměrem $< 0,6 \text{ mm}$ vyrobeny z odkryté předlohy nepájivé masky (proveden tenting).

V případě nepájivých masek mokřých filmů musí být propojovací otvory s průměrem $< 0,3 \text{ mm}$ vyrobeny z odkryté předlohy nepájivé masky. Pokud je při použití kapalného filmu požadováno zatěsnění malých propojovacích otvorů, mohou být tyto díry přetisknuty druhou vrstvou nepájivé masky nanášené sítotiskem.

Tuto otázku je nutné konzultovat s výrobcem desek plošných spojů, protože kritický průměr kolísá podle výrobců (typ laku a použití ovlivňuje účinek i výsledek).

6.2 Tolerance umístění

Chyba v umístění nepájivé masky v libovolném směru musí být v porovnání s měděným obrazcem:

- a. Pro foto nepájivé masky $\leq 0,10 \text{ mm}$.
- b. Pro nepájivé masky nanášené sítotiskem $\leq 0,20 \text{ mm}$.

Vztahuje se to na jednotlivé desky plošných spojů i na desky dodávané v hrubých přirezech až do velikosti $450 \times 450 \text{ mm}$.

6.3 Překrývání prokovů

Vzhledem k nepájivé masce není přípustné překrývání pokovení, pokud přerušeni nepájivé masky splní následující požadavky:

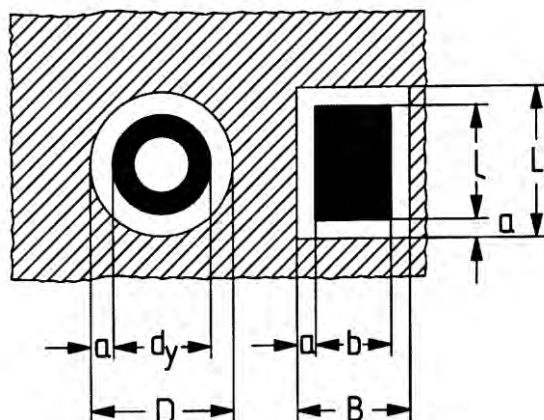
- a. Pro foto nepájivé masky:
 Deska s pokovením HMT: $D \geq d_y + 0,2 \text{ mm}$
 Deska s pokovením SMT: $L \geq l + 0,2 \text{ mm}$ a $B \geq b + 0,2 \text{ mm}$

Odpovídá to vzdálenosti alespoň 0,10 mm mezi pokovením a okrajem přerušeni (*Obr. 45*).

- b. Pro nepájivé masky nanášené sítotiskem:
 Deska s pokovením HMT: $D \geq d_y + 0,4 \text{ mm}$
 Deska s pokovením SMT: $L \geq l + 0,4 \text{ mm}$ a $B \geq b + 0,4 \text{ mm}$

To odpovídá izolačnímu mezikruží mezi pokovením a hranou přerušeni širokému alespoň 0,20 mm (*Obr. 45*).

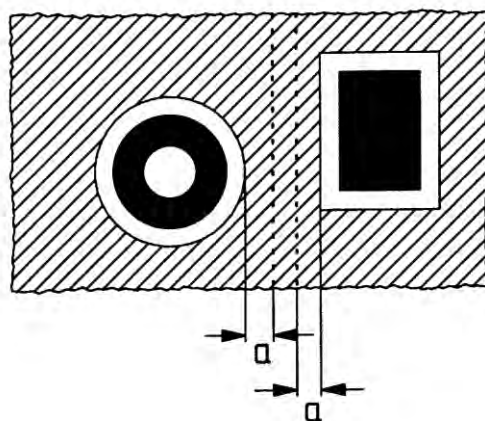
Obrázek 45



6.4 Pokrytí spojů

- a. Fotograficky definované nepájivé masky:
Spoj přiléhající k pokovení musí být zcela pokryt nepájivou maskou za předpokladu, že jmenovitá vzdálenost mezi přerušením masky a spojem je větší než 0,10 mm (Obr. 46).

Obrázek 46



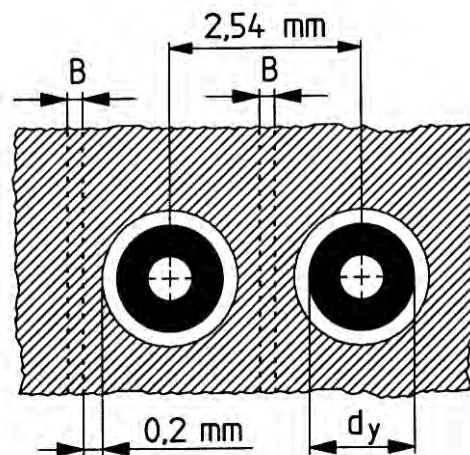
Konstrukční poznámka

Abychom zabránili usazení zbytků nepájivé masky v nepokovených dírách, musí zde být izolační mezikruží široké 0,30 mm.

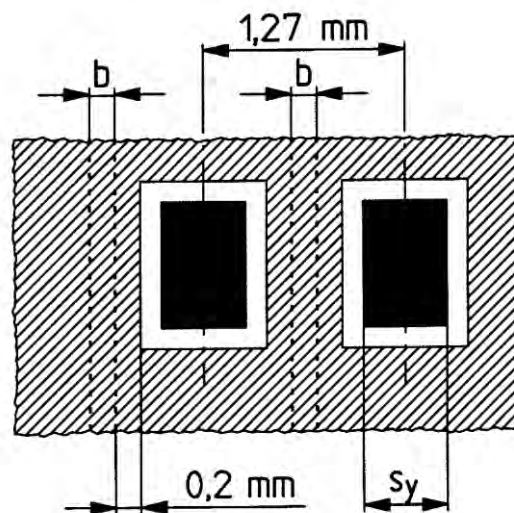
Když je vzdálenost mezi pokovením a spojem menší než 0,20 mm, může být přerušení nepájivé masky menší, pokud je přípustný lehký přesah nepájivé masky na pokovení.

- b. Nepájivé masky nanášené síťotiskem:
Spoj přiléhající k pokovení musí být zcela pokryt nepájivou maskou za předpokladu, že jmenovitá vzdálenost mezi přerušením masky a spojem je větší než 0,20 mm. V případě izolačního mezikruží širokého 0,20 mm, jak je uvedeno ve stati 6.3, může být vzdálenost mezi pokovením a spojem větší, než 0,40 mm (Obr. 47) a (Obr. 48).

Obrázek 47



Obrázek 48



Konstrukční poznámka

Použití nepájivých masek nanášených sítotiskem v sobě zahrnuje i riziko situace, že spoj vedoucí mezi dvěma pokoveními HMT s roztečí 2,54 mm (Obr. 47) nebo mezi dvěma pokoveními SMT s roztečí 1,27 mm (Obr. 47) nedosáhne plného pokrytí hran mezi pokoveními. Pokud je šířka izolačního mezikruží 0,20 mm, jak je uvedeno ve stati 6.3, plynou z podmínky plného pokrytí hran následující požadavky:

Deska s pokoveními HMT: $B < 1,74 - d_y$ mm

Deska s pokoveními SMT: $b < 0,47 - s_y$ mm,

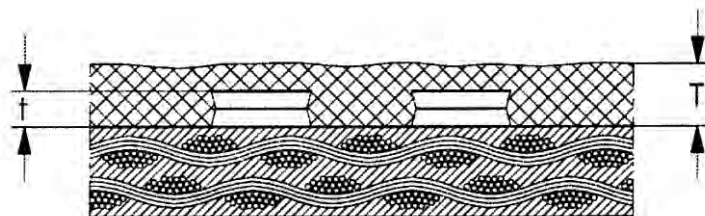
kde B a b označují šířku spoje, d_y označuje vnější průměr pokovení HMT a s_y označuje šířku pokovení SMT.

6.5 Tloušťka nepájivé masky a úplné vyplnění mezer mezi spoji

- a. Fotograficky definovaný suchý film:
 Tloušťka nepájivé masky T (Obr. 49) může nabývat hodnot 50, 75 nebo 100 μm .
 Tloušťka nepájivé masky je závislá na tloušťce mědi t . Závislost plyne z následující tabulky udávající úplné vyplnění mezer.

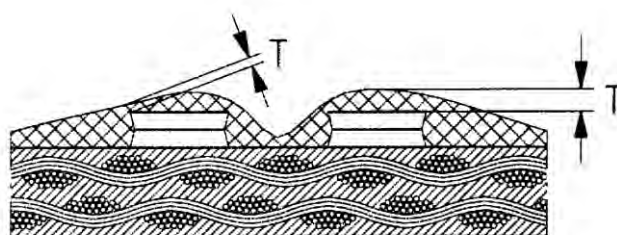
<i>Tloušťka mědi t</i>	<i>Tloušťka nepájivé masky T</i>
$t \sim 35 \mu\text{m}$	$T \geq 50 \mu\text{m}$
$t \sim 75 \mu\text{m}$	$T = 100 \mu\text{m}$

Obrázek 49



- b. Fotograficky definovaný mokrý film:
 Tloušťka nepájivé masky T (Obr. 50) na obrazci musí být na celé desce plošného spoje nejméně $8 \mu\text{m}$ a nejvýše $30 \mu\text{m}$ a všechny mezery mezi spoji musí být pokryty nepájivou maskou.

Obrázek 50



Poznámka

Pokud je požadováno dodržení správné tloušťky nepájivé masky, je vhodné se řídit návrhy výrobce desek plošných spojů pro vyrovnávání obrazce.

- c. Nepájivé masky nanášené síťotiskem:
 Tloušťka nepájivé masky T (Obr. 51) na obrazci musí být na celé desce plošného spoje nejméně $8 \mu\text{m}$ a nejvýše $30 \mu\text{m}$. Všechny mezery mezi rovnoběžnými spoji musí být pokryty nepájivou maskou, pokud výška obrazce daná koncovou tloušťkou mědi t a mezera b splňují následující požadavky:

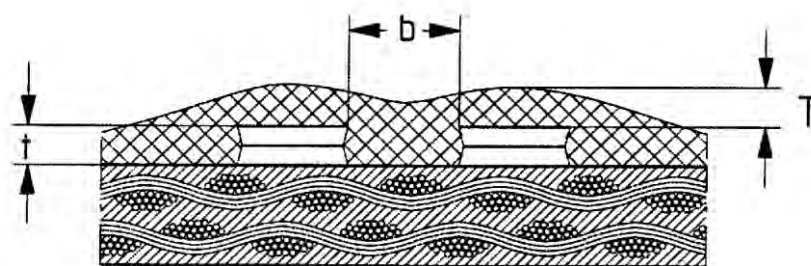
<i>Tloušťka mědi t</i>	<i>Šířka mezer b</i>
$t \sim 35 \mu\text{m}$	$b \geq 0,18 \mu\text{m}$
$t \sim 75 \mu\text{m}$	$b \geq 0,25 \mu\text{m}$
$t \sim 105 \mu\text{m}$	$b \geq 0,40 \mu\text{m}$

Poznámka

Pokud je požadováno dodržení správné tloušťky nepájivé masky, je vhodné se řídit návrhy výrobce desek plošných spojů pro vyrovnávání obrazce.

Větší tloušťky (většího izolačního odporu) lze dosáhnout dvojitým síťotiskem. V takovém případě musí být požadovaná tloušťka nepájivé masky uvedena ve specifikaci desky plošného spoje.

Obrázek 51



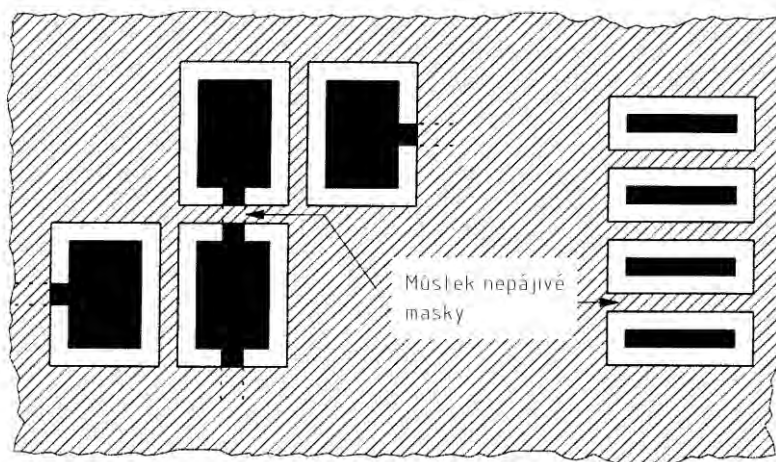
6.6 Nejmenší můstek nepájivé masky

Za můstek nepájivé masky, označovaný také jako hráz, lze považovat úzkou oblast nepájivé masky pokrývající spoj spojující dvě pokovení (Obr. 52). Můstky nepájivých masek musí být neporušené a musí splňovat tyto minimální podmínky:

- Fotograficky definovaný suchý film: 0,20 mm
- Fotograficky definovaný mokřý film: 0,15 mm
- Nepájivá maska nanášená sítotiskem: 0,30 mm

Nejmenší šířka hodně závisí na typu a tisku nepájivé masky. Případný požadavek snížení šířky musí být výrobcí desek plošných spojů oznámen.

Obrázek 52



7. Popis součástek

Popis součástek se provádí sítotiskem na jednu nebo obě strany desky plošného spoje podle zákaznickovy specifikace desky plošného spoje, obvykle na nepájivé masky.

7.1 Obecné požadavky

- TLoušťka popisu součástky musí být nejvýše 15 μm .

- b. Popis součástky musí dobře přilnout k desce a nesmí být poškozen teplem, když je deska hromadně pájená, jak je uvedeno ve statí 12.2.
Na popisu součástek nesmí být žádná vláknová delaminace ani rozprášené tečky. Přilnavost se zkouší podle normy IPC-TM-650, stať 2.4.28.1. Alternativou je použití pásku typu 810 společnosti 3M.
- c. Popis součástky musí být čitelný. Je přípustné rozmazání při tisku kvůli konstrukci síťky a možné potřísnění volnou barvou před ošetřením.
- d. Neúmyslný potisk barvou nesmí být na pokoveních a v pokovených otvorech.
- e. Popis součástek musí být odolný proti běžně používaným rozpouštědlům, zmýdelňovačům a tavidlům.

Poznámka

Odolnost popisu součástky vůči tavidlům a čističům, které používá zákazník, je nutné zajistit ve spolupráci s výrobcem desek plošných spojů.

7.2 Tolerance umístění

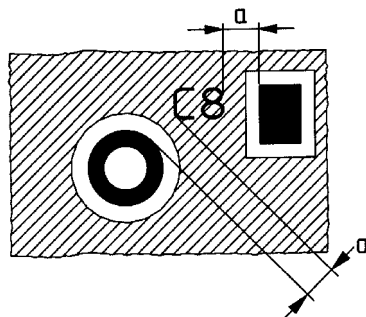
Chybné umístění popisu součástky v libovolném směru vzhledem k měděnému obrazci musí být $< 0,20$ mm. To se vztahuje jak k jednotlivým deskám, tak k deskám v hrubém přřezu až do velikosti 450×450 mm.

7.3 Přesah do pokovení

V případě konstrukční velikosti izolačního mezikruží $a > 0,20$ mm mezi pokovením a hranou popisu součástky, například „C8“ (Obr. 53), nejsou přípustné žádné přesahy popisů součástek do pokovení.

Pokud je požadována vzdálenost $a < 0,20$ mm, je nutná domluva mezi zákazníkem a výrobcem desek plošných spojů.

Obrázek 53



8. Nanášení uhlíkové vrstvy

Uhlíková pasta se používá na spínací kontakty klávesnic, kontakty LCD a pásy. Z níže uvedených požadavků plyne, že koncová tloušťka mědi odpovídá $35 \mu\text{m}$.

8.1 Obecné požadavky

- a. Povrch nanesené uhlíkové pasty musí být hladký, nepoškrábaný, čistý a musí vykazovat jednotný vzhled.
- b. Uhlíková pasta se nesmí omylem nacházet na pokoveních desky.
- c. Uhlíková vrstva musí být odolná proti běžně používaným rozpouštědlům, zmýdelňovačům a tavidlům.

Poznámka

Odolnost uhlíkové pasty proti těm tavidlům a čističům, které používá zákazník, je nutné zajistit ve spolupráci s výrobcem desek plošných spojů.

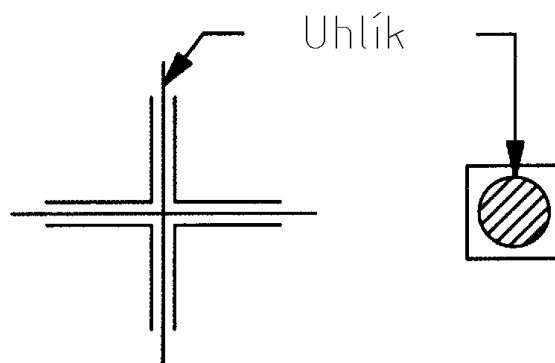
8.2 Tolerance umístění

Chybné umístění popisu součástky v libovolném směru vzhledem k měděnému obrazci musí být $< 0,20$ mm. To se vztahuje jak k jednotlivým deskám, tak k deskám v hrubém přířezu až do velikosti 450×450 mm.

Sítotisk uhlíkové pasty a měření shodnosti polohy uhlíkového obrazce lze provést na základě zvolených odkazových značek v měděném obrazci umístěných u uhlíkové plochy.

Na *Obrázku 54* je uveden příklad terčů se značkami nanášenými sítotiskem ve správné shodnosti polohy.

Obrázek 54



8.3 Materiály

Nanášení se provádí pomocí vodivé uhlíkové pasty, lze ještě dodatečně upravit. Odpor pasty nesmí překročit 50Ω na čtverec jmenovité tloušťky pasty.

8.4 Stupeň jemnosti uhlíkového obrazce

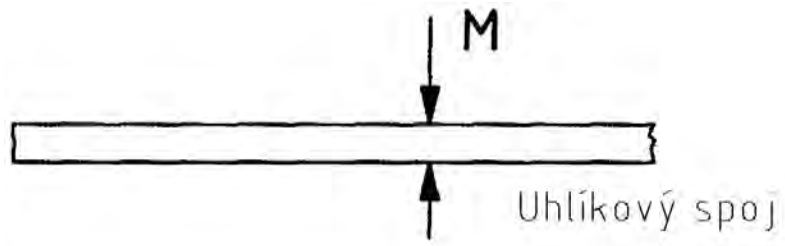
Protože přesnost tisku závisí na velikosti zrn uhlíkové pasty, musí výrobce desek plošných spojů vybrat vhodný typ uhlíkové pasty podle stupně jemnosti uhlíkového obrazce, pokud typ uhlíkové pasty neurčil zákazník.

Stupeň jemnosti je určen níže uvedenými parametry. Doporučené minimální konstrukční hodnoty při společném použití s fotograficky definovanými nepájivými maskami jsou uvedeny v závorkách.

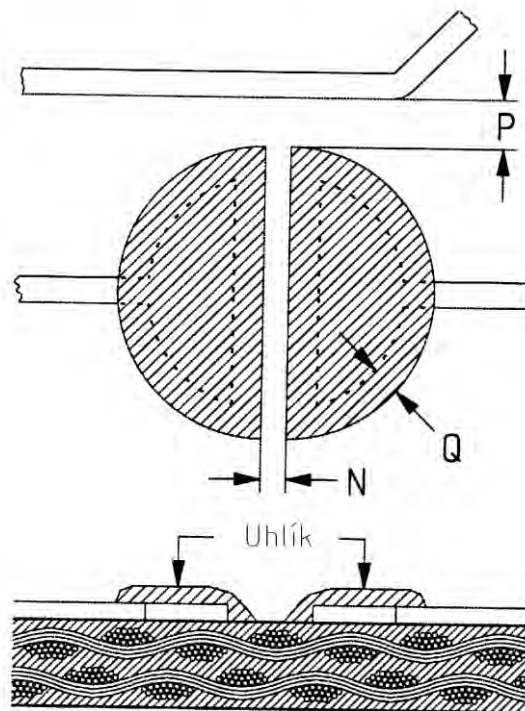
Šířka tisku uhlíkového obrazce M (<i>Obr. 55</i>)	($M \geq 0,3$ mm).
Izolační vzdálenost dvou uhlíkových prvků N (<i>Obr. 56</i>)	($N \geq 0,3$ mm).
Izolační vzdálenost uhlíkového a měděného prvku P (<i>Obr. 56</i>)	($P \geq 0,5$ mm).
Přesah uhlíkového a měděného prvku Q (<i>Obr. 56</i>)	($Q \geq 0,3$ mm).
Šířka izolačního mezikruží uhlíkového prvku a nepájivé masky R (<i>Obr. 56</i>)	($R \geq 0,3$ mm).

V případě nepájivých masek nanášených sítotiskem se hodnota R zvyšuje o $0,1$ mm.

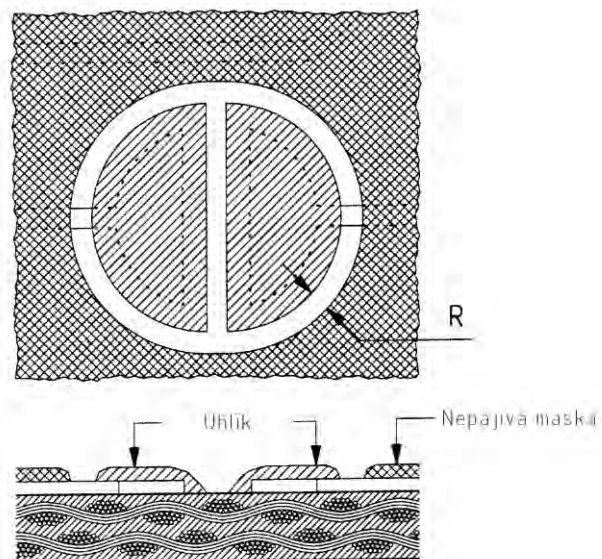
Obrázek 55



Obrázek 56



Obrázek 57



8.5 Obecné požadavky na uhlíkový obrazec

(Pravidlo 75 %)

Při libovolné kombinaci požadavků uvedených ve stati 8.2 a 8.4 týkajících se uhlíkového obrazce je nutné dodržet následující požadavky:

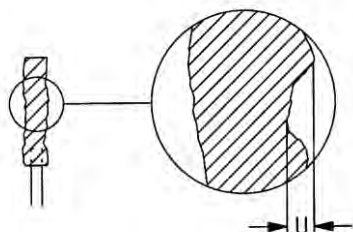
- Efektivní šířka tisku M uhlíkového prvku nesmí být menší než 75 % jmenovité hodnoty.
- Izolační vzdálenost dvou uhlíkových prvků N nesmí být menší než 75 % jmenovité hodnoty.
- Izolační vzdálenost uhlíkového a měděného prvku P nesmí být menší než 75 % jmenovité hodnoty.

Konstrukční poznámka

V případě, že by obrazec nemohl splnit výše uvedené požadavky, lze na kritických místech použít zvláštní vrstvu izolační masky. Viz stať 8.15.

Nerovnost U (definice hran) okrajů uhlíkového obrazce musí být $\leq 0,15$ mm shora dolů za předpokladu, že je dodrženo pravidlo 75 % ve stati 8.5 pro šířku tisku M (Obr. 58).

Obrázek 58



8.6 Definice hran uhlíkového obrazce

8.7 Jamky a výčnělky

Je přípustné, aby okraje uhlíkového obrazce obsahovaly několik nechtěných jamek a výčnělků, pokud jsou splněny následující podmínky:

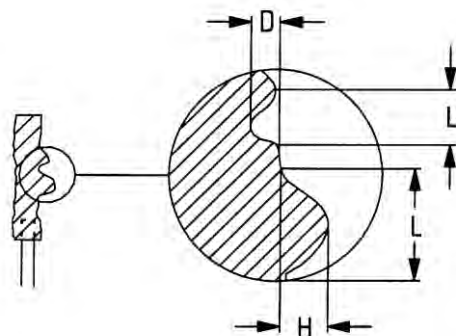
- Hloubka D jamky musí být menší než 0,5 mm.
- Výška H výčnělku musí být menší než 0,5 mm.

Poznámka

Z pravidla 75% uvedeného ve stati 8.5 vyplývá, že jamky a výčnělky velikosti 0,5 mm jsou přípustné pouze u šířek tisku, respektive izolačních vzdálenostech 2 mm a větších.

- Délka L jamek a výčnělků nesmí přesáhnout 0,5 mm.
- Průměrný počet vad (jamek a výčnělků) podél hrany obrazce nesmí překročit jednu vadu na 50 mm délky okraje.

Obrázek 59



8.8 Uhlíkové skvrnky

Nechtěné uhlíkové skvrnky způsobené náhodnými cákanci při sítotisku jsou považovány za neúmyslné částičky mědi v souladu se stanoveními ve stati 2.7. Jsou přípustné pouze pod následujícími podmínkami:

- Největší rozměr je nejvýše 1 mm.
- Vzájemná vzdálenost musí být větší než 50 mm.
- V místech, kde jsou uhlíkové skvrnky umístěny mezi prvky vodivého obrazce (spoje, pokovení a uhlíkové prvky), nesmí být podle statí 2.2c, 8.5b a 8.5c porušeno pravidlo 75 %.

8.9 Nepokryté plochy v uhlíkové vrstvě

Nechtěné nepokryté plochy v uhlíkové vrstvě jsou přípustné pouze pod následujícími podmínkami:

- V uhlíkové vrstvě nesmí být žádné nepokryté plochy v místech, kde je uhlíkový obrazec tištěn na měď.
- V místech, kde je uhlíkový obrazec tištěn na holý základní laminát, jsou nepokryté plochy v uhlíkové vrstvě přípustné pouze pod následujícími podmínkami:

Průměr nepokrytých ploch může být nejvýše 0,5 mm, ale pouze pokud je dodrženo pravidlo 75 % podle statí 8.5b a 8.5c.

Na uhlíkové ploše smí být počet nepokrytých ploch nejvýše 2 nepokryté plochy na cm^2 .

8.10 Přesah uhlíku

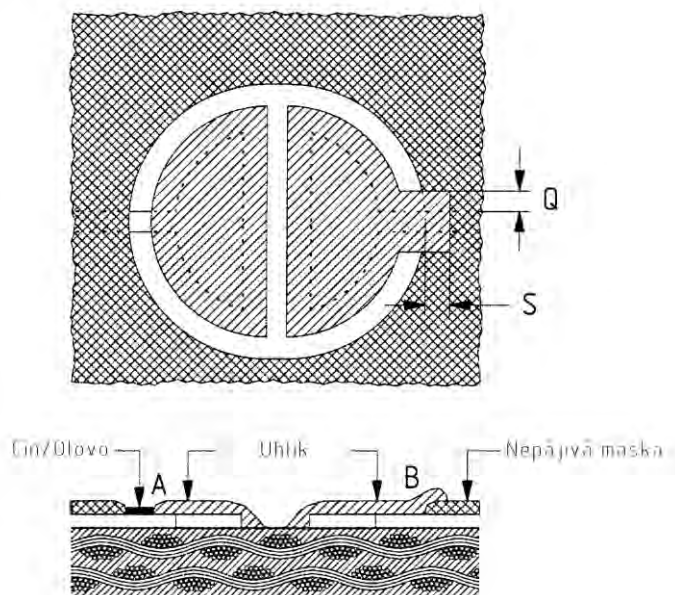
Spoje nepokryté uhlíkovými prvky se za dodržení následujících podmínek nesmí vyskytovat:

- Přesah uhlíkového a měděného prvku $Q \geq 0,3$ mm.
- Přesah uhlíku a nepájivé masky $S \geq 0,4$ mm pro fotograficky definovatelné masky a $+S \geq 0,5$ mm pro masky nanášené sítotiskem.

Konstrukční poznámka

Ze stanovení (A) plyne podmínka HAL, aby se zabránilo výskytu nepokryté mědi. Stanovení (B) se používá v případě měděných desek s nechráněným povrchem, pokud uhlíkový potisk lehce přesahuje mimo nepájivou masku a tím zasahuje zprostředkující část spoje. Obě stanovení jsou znázorněna na *Obrázku 60*.

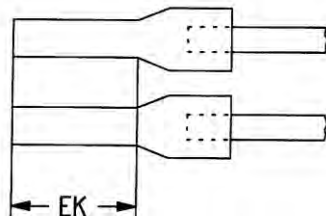
Obrázek 60



8.11 Hraniční oblasti

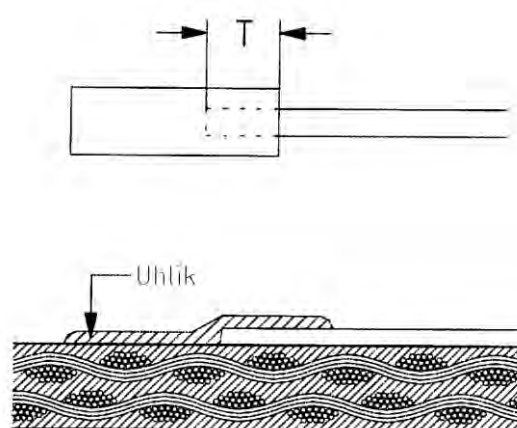
Přesnost nanášení pasty lze zvýšit tiskem na holý základní laminát. V tom případě musí být hraniční oblasti (rozhraní uhlíku a mědi) umístěny mimo účinné oblasti kontaktů EK (Obr. 61).

Obrázek 61



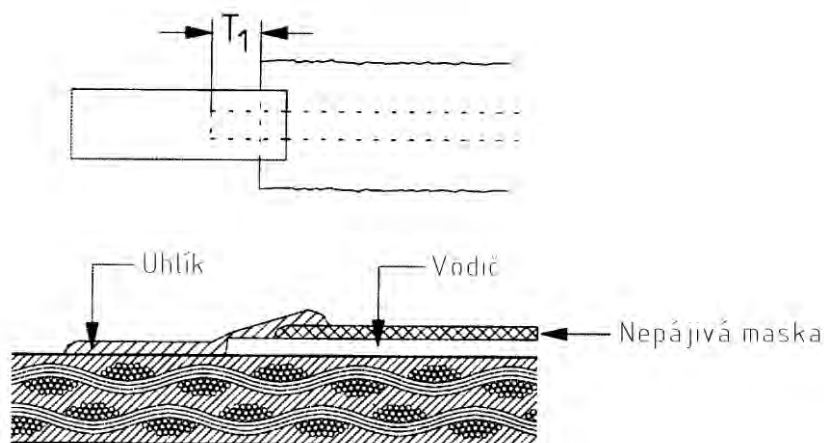
Délka T hraničních oblastí musí být alespoň 1,0 mm a nesmí být jako výsledek chyby ve shodnosti polohy tisku snížena o více než 0,2 mm (Obr. 62). Viz stať 8.2.

Obrázek 62



Po nanesení nepájnivé masky nesmí pokrývat více hraničních oblastí, než odpovídá nejvyššímu snížení T na $T_1 = 0,5$ mm (Obr. 63).

Obrázek 63



Pokud stupeň podrobnosti uhlíkového obrazce převyšuje hodnoty uvedené ve stati 8.4, je nutné konstrukci konzultovat s výrobcem desek plošných spojů.

8.12 Přílnavost

Uhlíkový potisk musí dobře držet na podkladovém materiálu a nesmí být poškozen teplem, buď během procesu HAL u výrobce desek plošných spojů, nebo když zákazník provádí předeřhátí a hromadné pájení podle stati 12.2.

Přílnavost se zkouší podle normy IPC-TM-650, stať 2.4.28.1. Alternativou je použití pásu typu 810 společnosti 3M. Nejsou přípustné žádné trhliny, delaminace nebo jiné rozprášení.

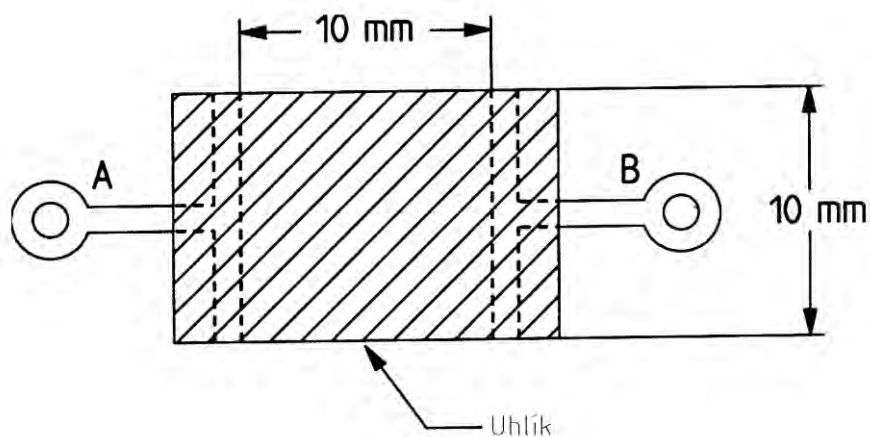
8.13 Vodivost a izolační odpor

Zkoušku může provádět výrobce desek plošných spojů, aby bylo zajištěno splnění daných hodnot vodivosti uhlíku a izolačního odporu uhlíkových prvků. Zkouška je založena na vybrané testované oblasti nebo zvláštním zkušebním obrazci. Ten může být výrobcem desek plošných spojů umístěn do technologického okraje desky.

Příklady zkušebních obrazců:

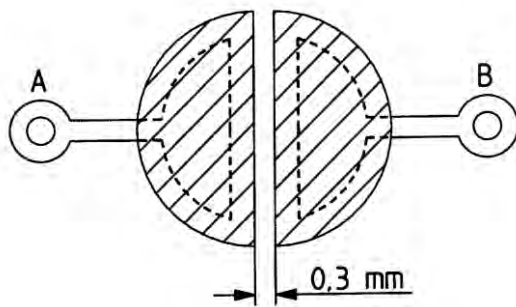
- Vodivost uhlíku se měří průměrnou hodnotou ohmmetru připojeného k terminálům A a B (Obr. 64). Naměřený odpor nesmí překročit 200Ω po zkoušce prostředí. Viz stať 8.17.

Obrázek 64



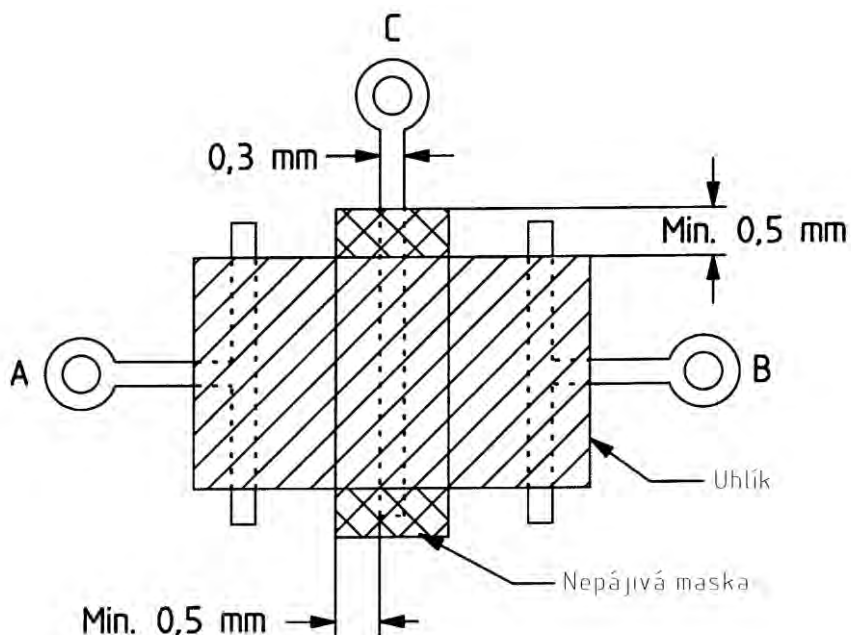
- b. Povrch kontaktů musí být vodivý. Pokud je zadán kontaktní odpor pro externí kontaktní prvky, například vodivou gumovou podložku nebo kontaktní přepínače, předepíše zákazník zkušební metodu a dodá zkušební vybavení.
- c. Izolační odpor mezi uhlíkovými prvky se měří mezi terminály A a B (Obr. 65). Pokud nejsou zadány žádné hodnoty zkušebního napětí a odporu, provádí se zkouška při stejnosměrném napětí 500 V a naměřený odpor musí být vyšší než 500 M Ω .

Obrázek 65



- d. V místech, kde je uhlíkový pás tištěn přes oblast mědi nebo přes spoj se střední izolační maskou, měří se izolační odpor mezi terminály A a C nebo B a C (Obr. 66). Pokud nejsou zadány žádné hodnoty zkušebního napětí a odporu, provádí se zkouška při stejnosměrném napětí 500 V a naměřený odpor musí být vyšší než 100 M Ω .

Obrázek 66



8.14 Stanovení

- a. Nanášení uhlíkové pasty sítotiskem se provádí pouze na čistý substrát, buď na základní laminát, měď nebo nepájivou masku.
- b. Uhlíková pasta musí být zcela ošetřena, aby nezůstaly na uhlíkovém prvku žádné škodlivé zbytky smazatelných částíček.

8.15 Uhlíková pasta přes spoje

V místech, kde je uhlíková maska vytištěná přes spoj, například přepínač, musí být spoj pokrytý dostatečně těsnou nepájivou maskou, aby byl splněn požadavek izolačního odporu uvedený ve stati 8.13d. Nanesená nepájivá maska může být v kritických místech přetištěna zvláštní nepájivou maskou.

Poznámka

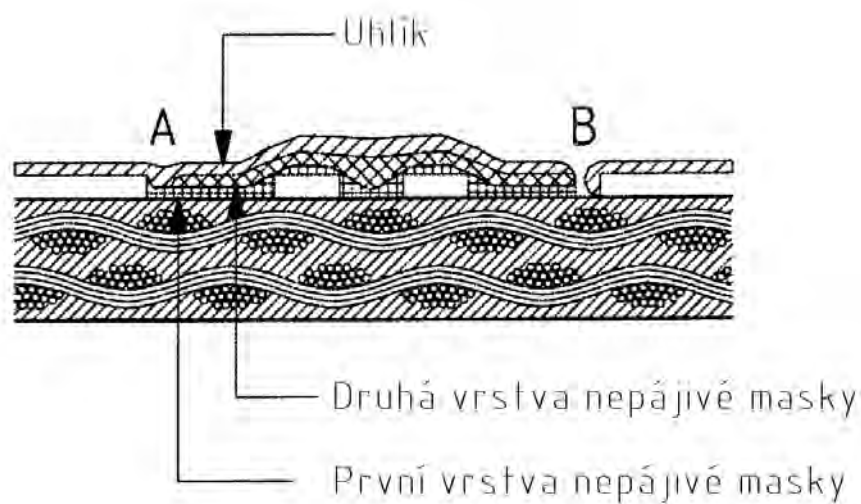
Materiál masky a uhlíková pasta musí být navzájem kompatibilní, jinak může dojít k poškození pasty.

Konstrukční poznámka

Abychom zajistili spolehlivé elektrické spojení mezi uhlíkovým nátiskem a hraniční oblastí, musí být rozhraní rovné a nízké. Masky suchých filmů tvoří vysoké hrany a proto nejsou velmi vhodné. Nepájivé masky nanášené síťotiskem vykazují určité kolísání výšky hran, zvláště při dvojitém tisku s lehkým vytáhnutím, například 0,20 mm, jak znázorňuje symbol A (Obr. 67).

Rozdíl znázorňuje symbol oblasti B, kde je přechod strmější a vyšší než v bodě A kvůli překrytí nátisku nepájivé masky.

Obrázek 67



8.16 Účinek pájení

- Uhlíkové prvky musí odolat pájecím podmínkám uvedeným ve stati 12.2.
- Uhlíkové prvky musí také odolat proceduře HAL včetně použitého tavidla, eventuálně i s povrchovou ochranou ve formě snímacího laku. Viz stať 9.
- Pájení nesmí mít za následek vznik trhlin nebo bublin v uhlíkovém potisku nebo delaminace mezi uhlíkovými prvky a podkladovým materiálem.
- Na uhlíkových prvcích se nesmí vyskytovat žádné popruchy.

8.17 Zkouška prostředí

Všechny předchozí požadavky musí být splněny před i po následující zkoušce prostředí:

- Zkouška prostředí podle normy IEC 68-2-30, test Db, +40 °C, jedno opakování.
- Po uložení po 56 dní při 85 °C (v suchém teple).
- Zkouška solné mlhy, pokud je uvedena ve specifikaci desky plošného spoje.

9. Snímací lak

Snímací lak se používá k ochraně vybraných pájecích děr nebo ploch proti vnějším vlivům během hromadného pájení nebo k ochraně uhlíkových prvků a pozlacených kontaktů během hromadného pájení. Snímací lak se nanáší sítotiskem.

9.1 Obecné požadavky

- a. Snímací lak musí dobře přilnout k podkladovému materiálu natolik, aby běžné zacházení s deskou neporušilo jeho funkci.
- b. Snímací lak musí odolat nejméně třem tepelným procesům (zapékání nebo pájení) podle stanovení ve statí 9.1c, aniž by se zničil nebo se stal neodstranitelným.

Poznámka

Při použití více než dvou tepelných procesů je nutné daný proces konzultovat s výrobcem desek plošných spojů a zajistit tak odstranitelnost.

- c. Abychom zajistili, že bude snímací lak možno odstranit v celistvě, je nutno před sejmutím snímacího laku provést alespoň jedno z následujících ošetření. To proto, že snímací lak není po dodání plně ošetřen.
 1. Zapékání desek plošných spojů maximálně při 125 °C nejvýše po 2 hodiny.
 2. Předehřívání maximálně při 180 °C nejvýše po 3 minuty s následným pájením přetavením maximálně při 230 °C nejvýše po 2 minuty.
 3. Ošetření lepidla maximálně při 180 °C nejvýše po 5 minut.
 4. Hromadné pájení maximálně při 270 °C nejvýše po 10 vteřin.

Po sejmutí laku nesmí zůstat na desce žádné zbytky snímacího laku.

- d. Snímací lak musí být odolný proti obecně používaným rozpouštědlům, zmýdelňovačům a tavidlům.

Poznámka

Odolnost snímacího laku proti těm tavidlům a čističům, které používá zákazník, je nutné zajistit ve spolupráci s výrobcem desek plošných spojů.

- e. Snímací lak nesmí změnit vlastnosti podkladových uhlíkových prvků. Pokud se tak stane, nesmí být porušeny hodnoty uvedené ve statí 8.13.

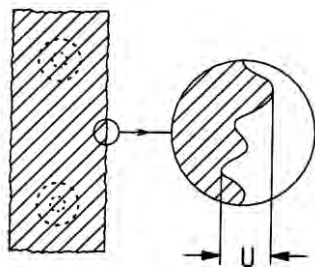
9.2 Tolerance umístění

Chyba v umístění snímacího laku musí být v libovolném směru vzhledem k měděnému obrazci $\leq 0,5$ mm. Pokud má deska naváděcí otvory, které může výrobce desek plošných spojů použít při nanášení snímacího laku, tolerance shodnosti polohy musí být vzhledem k měděnému obrazci $\leq 0,25$ mm.

9.3 Zvláštní požadavky

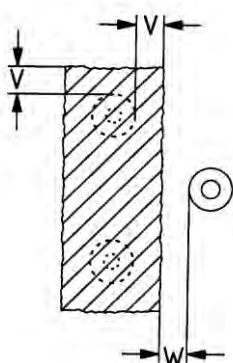
- a. Nerovnost U (definice hran) hran snímacího laku musí být shora dolů $\leq 0,6$ mm (*Obr. 68*).

Obrázek 68



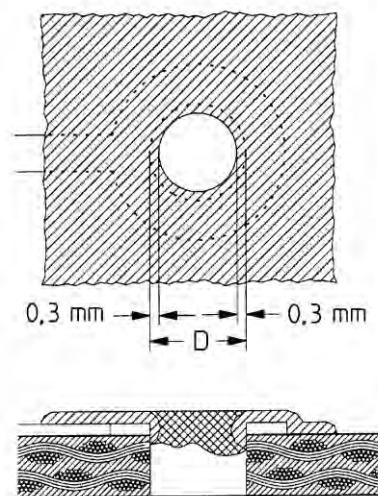
- b. Snímací lak nesmí být nikde silnější než 1,0 mm.
- c. Nesmí vzniknout neúmyslně nepokryté části obrazce (pokovení či kontakty), pokud je snímací lak konstruován s přesahem $V \leq 0,6$ mm. Neúmyslný přetisk snímacím lakem je nepřipustný, pokud je jmenovitá velikost mezery W mezi maskou a pokovením $\leq 0,6$ mm (Obr. 69).

Obrázek 69



- d. Šířka libovolné oblasti snímacího laku musí být alespoň 2,0 mm.
- e. U děr větších než 1,5 mm je přípustné, aby nebyly zcela pokryty snímacím lakem.
- f. Ve snímacím laku se nesmí nacházet neúmyslně nepokryté plochy s průměrem $\geq 0,2$ mm. V místech, kde snímací lak pokrývá pozlacené kontakty, nesmí být žádné nepokryté plochy.
- g. Při nanášení snímacího laku se nesmí stát, aby lak protekl otvory na opačnou stranu. Tento požadavek platí také pro díry s průměrem $D \geq 3,0$ mm, pokud je snímací lak konstruován tak, že se nerozšíří více než 0,3 mm za okraj díry (Obr. 70).

Obrázek 70



10. Ochrana povrchu

Ochrana povrchu je nutné provádět vždy, abychom zajistili trvanlivost a pájitelnost desky. Požadovanou metodu je nutné zadat. Cín nebo olovo se nanáší pomocí metody HAL (vyrovnávání horkým vzduchem), pokud není zadáno jinak. Je možné použít následující metody:

- a. Nikl či zlato pro pájení nebo lepení (chemické zlato),
- b. zlato pro lepení,
- c. HAL (vyrovnávání horkým vzduchem),
- d. pokovování cínem nebo olovem s přetavením,
- e. pájecí lak,
- f. pasivace,
- g. jiné metody ochrany povrchu.

10.1 Obecné požadavky

- a. Ochrana musí zabezpečit maximální pájitelnost v nejvyšší možné periodicitě opakování. Viz stať 12.3.
- b. Ochrana se provádí na pájitelné ploše.
- c. Pájecí díry nesmí být ucpány ochranou povrchu.
- d. Pozlacené konektory, přepínače atd. nesmí být pokryty.

10.2 Nikl a zlato pro pájení nebo lepení (chemické zlato)

Tenká vrstva chemického (imerzního) zlata se používá především k ochraně povrchu na SMT deskách, kde je vyžadována absolutní rovinnost pokovení SMT. Všechny hrany obrazce musí být pokryty niklem či zlatem. Chemické zlato může být také použito pro COB (čip na desce). Viz stať 10.3.

- a. Obecné požadavky; viz statě 5.1a, 5.1b, 5.1d.

b.

<i>Dolní vrstva</i>	<i>Fosforový nikl</i>
Obsah fosforu	8 – 10 %
Tloušťka	min. 4 μm

c.

<i>Horní vrstva</i>	<i>Měkké zlato</i>
Ryzost	99,99 %
Tloušťka	max. 0,2 μm

Poznámka

Neexistuje žádný požadavek nejmenší tloušťky zlata. Tloušťka musí být taková, aby dostatovala pro zajištění minimální trvanlivosti 12 měsíců; viz stať 12.3.

10.3 Zlato pro lepení (COB)

Měkké zlato se používá pro povrchové krytí pokovení desky pro COB (čip na desce). Chemické zlato lze také pro COB použít, viz stať 10.2.

a. Obecné požadavky; viz statě 5.1a, 5.1b, 5.1d, 5.1e.

b.

<i>Dolní vrstva</i>	<i>Nikl</i>
Ryzost	99,5 %
Tloušťka	4 μm

c.

<i>Horní vrstva</i>	<i>Měkké zlato</i>
Ryzost	99,99 %
Tvrlost	max. 90 Knoop
Tloušťka	5 – 7 μm

d. Hotová plocha musí vykazovat rovinnost lepší než 150 nm.

Poznámka

Výše uvedený požadavek již zahrnuje mechanické čištění měděného povrchu.

Konstrukční poznámka

Kvůli odchýlkám v lepicích technikách musí být tloušťka zlata zadána v souladu s prováděnou metodou.

10.4 HAL (vyrovnávání horkým vzduchem)

Metoda HAL se používá pro konvenční desky HMT a SMT.

Obecné požadavky:

- a. Pájitelnost: Viz stať 12.1.
- b. Ryzost slitiny: Jmenovitě 60/40.
- c. Obsah cínu: Od 55 % do 65 %.
- d. Rovinnost cínové nebo olovené plochy pokovení SMT musí být za minimální tloušťky 1 μm a maximální výšky kapiček 40 μm.
- e. Cínový či olovený povrch musí být jednotný a lesklý jak na všech plochách, tak pokovených dírách.
- f. Změna barvy základního materiálu je nepřipustná.

Poznámka

Pokud není ve specifikaci desky plošného spoje stanoveno jinak, nanáší se nepájivé masky na holou měď. Měď může být holá či zoxidovaná, čímž se zlepší přilnavost a/nebo vizuální kontrast. Za alternativu můžeme považovat technologii vyhlazování pryskyřicí; Viz stať 10.2.

10.5 Pokovování cínem nebo olovem a přetavení

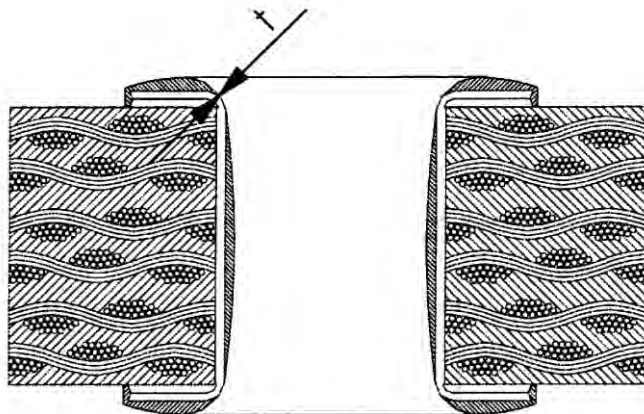
Přetavený cín nebo olovo se používá jen omezeně a je nahrazován technologií HAL; viz stať 10.4.

Obecné požadavky:

- a. Pájitelnost: Viz stať 12.1.
- b. Ryzost slitiny: Jmenovitě 60/40.

- c. Obsah cínu: Od 55 % do 70 %.
- d. Jmenovitá tloušťka pokovení je 7 μm . Závisí však na aktuálním obrazci desky a může kolísat v rozmezí 6 až 12 μm .
- e. Přetavení musí odstranit jakýkoliv cínový či olověný převis. Cín nebo olovo musí na pokoveních, v dírách a na spojích zcela roztát. Není nutné, aby cín či olovo pokrývalo strany měděného obrazce. Dohodnout však lze i neúplné roztání.
- f. Po přetavení nesmí být patrné náznaky nesmáčivosti. Odsmaččení je přípustné na 25 % spoje nebo měděné plochy, ale nikdy ne na pokoveních.
- g. Cínový či olověný povrch musí být jednotný a lesklý jak na všech pokoveních, tak ve všech okovených dírách.
- h. Přípustné vady povrchu měřené v % plochy spoje nebo měděné plochy:
- | | |
|-------------------|------|
| Pískovitý povrch: | 5 % |
| Šedý povrch: | 10 % |
- Tyto vady nejsou přípustné na pokoveních.
- i. Pájecí přímky nejsou považovány za vadu.
- j. Změna zabarvení základního materiálu není přípustná.
- k. Abychom zajistili pokrytí okraje otvoru i po přetavení, musí být přechod z pokovení do otvoru hladký. Tloušťka cínu či olova na okraji otvoru (*Obr. 71*) musí být dostatečná, aby byla zajištěna pájitelnost i po skladování; viz stať 12.3.

Obrázek 71



Poznámka

Nepájecí masky a popis součástek se nanáší až po přetavení.

10.6 Pájecí lak

Pokud je požadováno, aby byly díry zproštěny cínu a olova, lze provést ochranu povrchu pomocí pájecího laku.

- Bez předchozího souhlasu nelze použít těžce polymerizující laky.
- V oblastech pájení se nesmí vyskytovat viditelně tlusté nátěry.
- Všechny měděné povrchy musí být natřeny.

- d. Nutná je dobrá přilnavost k substrátu.

10.7 Pasivace

Tato metoda nanáší organický film na měděné povrchy. Ten se během pájení rozloží a zanechá nezoxidovanou plochu s dobrou pájitelností.

- a. Rovinnost povrchu je stejná jako u mědi.
- b. Mnoho typů pasivačních materiálů se rozkládá při teplotách nad 90 °C, kdy pasivační efekt mizí, takže pokud se provádí i zapékání, je nutné provést pájení předtím, než se měděný povrch zoxiduje natolik, že se sníží pájitelnost, například během 12 hodin.

10.8 Jiné metody ochrany povrchu

Lze je použít pouze po vzájemném souhlasu zákazníka a výrobce desek plošných spojů.

11. Čistota povrchu

Čistota je daná měřením iontového znečištění povrchu vystiženého jako odpovídající množství NaCl na plošnou jednotku.

12. Pájení

12.1 Obecné požadavky

- a. Požadavky na pájitelnost se řídí normou ANSI-J-STD-003, třída 2, zkušební metoda vyhodnocování B (test otočného sbírání).

Poznámka

Dobu pájení je nutné zvolit podle tloušťky desky, počtu vrstev a ochrany povrchu. Standardní parametry pro čtyřvrstvou desku o tloušťce 1,6 mm jsou:

Deska po technologii HAL (vyrovnávání horkým vzduchem):
245 ± 5 °C po 3,0 ± 0,5 vteřiny

Deska s vrstvou niklu či zlata (ponorné zlato):
245 ± 5 °C po 5,0 ± 0,5 vteřiny

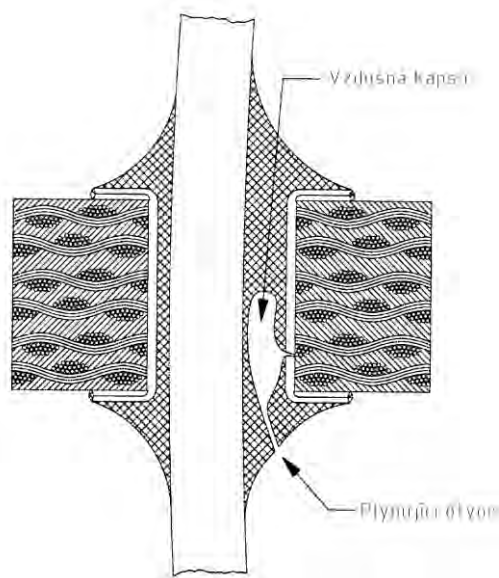
Pájecí čas se zvyšuje o 1,0 vteřinu s každým zvýšením tloušťky desky 0,8 mm za hranici 1,6 mm.

- b. Na laminátu nebo na nepájitivé masce nesmí být žádné pruhy; viz statě 1.5.9 a 6.1g.
- c. Plynující otvory (*Obr. 72*) způsobené defekty v desce, nikoliv chybným pájením, jsou nepřipustné.

Poznámka

Podmínkou je sušení desky či zkušebního kupónu při 110 ± 5 °C minimálně po 1 hodinu, nejvýše 2 hodiny bezprostředně před zkoušením.

Obrázek 72



12.2 Proces pájení

Po ukončení jednoho z následujících procesů pájení A nebo B musí desky stále splňovat požadavky uvedené ve statích 1.5.4 (Bublinová delaminace), 1.5.5 (Delaminace), 2.9 (Vyzvedání mědi), 3.13 (Trhliny), 3.14 (Kontakt pokovení), 12.1b (Pájecí pruhy), 12.1c (Plynující otvory).

Mezi každým krokem postupu je nutné provést pozvolné ochlazení na pokojovou teplotu (předehřátí a následné pájení je jeden krok).

Proces pájení A:

1. Předpéct nejméně při 110 °C a nejvýše při 125 °C nejméně po 1 hodinu a nejvýše po 4 hodiny.
- 2a. Poprvé předehřát nejvýše na 180 °C nejvýše po 2 minuty.
- 2b. Poprvé pájet přetavením nejvýše při 230 °C nejvýše po 3 minuty.
- 3a. Podruhé předehřát nejvýše na 180 °C nejvýše po 2 minuty.
- 3b. Podruhé pájet přetavením nejvýše při 230 °C nejvýše po 3 minuty.
4. Ručně provést koncové pájení nejvýše při 300 °C nejvýše po 3 vteřiny.

Proces pájení B:

1. Předpéct nejméně při 110 °C a nejvýše při 125 °C nejméně po 1 hodinu a nejvýše po 4 hodiny.
- 2a. Poprvé předehřát nejvýše na 180 °C nejvýše po 2 minuty.
- 2b. Poprvé pájet přetavením nejvýše při 230 °C nejvýše po 3 minuty.
3. Provést lepicí vulkanizaci nejvýše při 180 °C nejvýše po 3 minuty.
- 4a. Podruhé předehřát nejvýše na 200 °C nejvýše po 1 minutu.
- 4b. Poprvé provést vlnové pájení nejvýše při 270 °C nejvýše po 20 vteřin.
- 5a. Potřetí předehřát nejvýše na 200 °C nejvýše po 1 minutu.
- 5b. Podruhé provést vlnové pájení nejvýše při 270 °C nejvýše po 10 vteřin.

6. Ručně provést koncové pájení nejvýše při 300 °C nejvýše po 3 vteřiny.

Poznámka 1

Pokud je předpečení vynecháno, může vlhkost v laminátu způsobit vady, například delaminaci, bublinovou delaminaci a plynující otvory.

Poznámka 2

Snímací laky nemohou odolat výše uvedeným procesům.

12.3 Pájitelnost po skladování

Deska opatřená povrchovou ochranou musí i po uplynutí odpovídajícího času skladování splňovat požadavky uvedené ve stati 12.1.

- | | | |
|----|---|--------------------|
| a. | HAL (vyrovnávání horkým vzduchem); viz stať 10.4: | nejméně 12 měsíců. |
| b. | Nikl nebo zlato (ponorné zlato); viz stať 10.2: | nejméně 12 měsíců. |
| c. | Přetavený cín či olovo; viz stať 10.5: | nejméně 12 měsíců. |
| d. | Pájecí lak; viz stať 10.6: | nejméně 6 měsíců. |
| e. | Pasivace; viz stať 10.7: | nejméně 3 měsíce. |

Z výše uvedených časů uložení plynou níže uvedené podmínky skladování:

Teplota: 15 – 35 °C

Relativní vlhkost: 30 – 75 %

Poznámka 1

Desky s vrstvou zlata > 0,2 µm, které nejsou určeny pro pájení (zlato pro lepení, COB, viz stať 10.3) nepodléhají stanovení v tomto odstavci a mají neomezenou životnost.

Více informací o deskách dodaných s jinými typy povrchové ochrany naleznete ve stati 10.8. Pájitelnost po skladování je nutno potvrdit výrobcem desek plošných spojů.

Poznámka 2

Životnost zahrnuje i čas skladování u výrobce desek plošných spojů.

Konstrukční poznámka

Doporučuje se uvést v dokumentaci desky plošného spoje, aby výrobce desek plošných spojů desky opatřil logem a datem výroby, případně místem výroby.

13. Opracování

Opracování zahrnuje vrtání či ražení děr a ořezávání okrajů, které kromě vnějšího okraje zahrnují také vnější části k oříznutí, drážky a větší otvory.

13.1 Obecné požadavky

- Opracování nesmí způsobit vláknovou delaminaci (viz stať 1.5.3), delaminaci (viz stať 1.5.5) nebo kruhovou delaminaci (viz stať 1.5.6) kromě výjimek v níže uvedených statích 13.1b a 13.1c.
- U ražených děr, zářezů a drážek je přípustná kruhová delaminace velikosti 0,3 mm.

- c. Podél okrajů desky je přípustná lehká delaminace, pokud nezasahuje do laminátu více než 0,3 mm od okrajů.

13.2 Zakřivení a zkroucení

Pokud specifikace desky nestanovuje přísnější požadavek na zakřivení či zkroucení, platí požadavky uvedené ve stati 13.2a; viz také stať 13.2b.

- a. Běžné požadavky na zakřivení a zkroucení:
Obecně použitelné pro desky pro ruční sestavení.

<i>Tloušťka desky plošného spoje t</i>	<i>Zakřivení a zkroucení</i>
$0,4 \leq t < 0,8$ mm	$\leq 1,5$ %
$0,8 \leq t < 1,5$ mm	$\leq 1,0$ %
$1,5 \leq t \leq 3,2$ mm	$\leq 0,7$ %

- b. Přísnější požadavky na zakřivení a zkroucení:
Obecně použitelné pro desky pro automatické sestavení.

<i>Tloušťka desky plošného spoje t</i>	<i>Zakřivení a zkroucení</i>
$0,4 \leq t < 0,8$ mm	$\leq 1,2$ %
$0,8 \leq t < 1,5$ mm	$\leq 0,8$ %
$1,5 \leq t \leq 3,2$ mm	$\leq 0,4$ %

Poznámka 1

Zakřivení a zkroucení hotových desek o tloušťce t vyrobených z laminátů uvedených ve stati 1.1 musí splňovat výše uvedené požadavky i po tepelném zpracování. Tepelné zpracování se musí provádět ve větrané peci při 125 ± 2 °C po 4 hodiny. Během tepelného zpracování musí být desky buď umístěny svisle a zakotveny alespoň po dvou okrajích, nebo musí ležet rovně na hladkém povrchu. Po zapečení se desky pozvolna ochladí na normální teplotu.

Poznámka 2

Abychom dosáhli nejmenšího možného zakřivení a zkroucení, je nutné, aby vzorek vykazoval přibližně stejnou plochu mědi na jednotlivých stranách.

Výrobce desek plošných spojů musí pečlivě zhodnotit obdrženou dokumentaci a pokud je to nutné, stanovit doporučení zajišťující optimalizaci obrazce a snížit tak výskyt zakřivení a/nebo zkroucení.

Dále musí výrobce desek plošných spojů upravit výrobní metody tak, aby minimalizoval výskyt zakřivení či zkroucení. Někdy je například nutné použít zvláštní materiál, provést tepelnou stabilizaci nebo zvolit zvláštní uspořádání desek v sériovém hrubém přířezu.

Někteří výrobci desek plošných spojů stanovují zakřivení či zkroucení podle běžné distribuční křivky se standardní úchytkou $\sigma = 0,2$ %. Pro průměrnou hodnotu zakřivení a zkroucení 0,5 % a standardní úchytku $\sigma = 0,2$ % bude výskyt zakřivení a zkroucení v sériové výrobě následující:

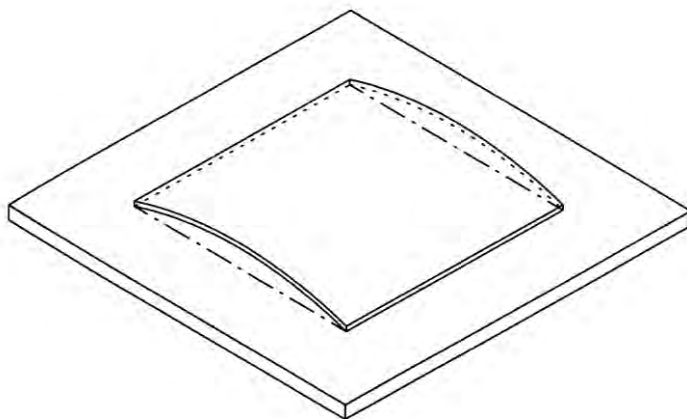
<i>Počet desek</i>	<i>Zakřivení a zkroucení</i>
50 %	$\leq 0,5$ %
84 %	$\leq 0,7$ %
99 %	$\leq 1,0$ %

Je doporučeno uzavřít dohodu s výrobcem desek plošných spojů s ohledem na aktuální specifikaci.

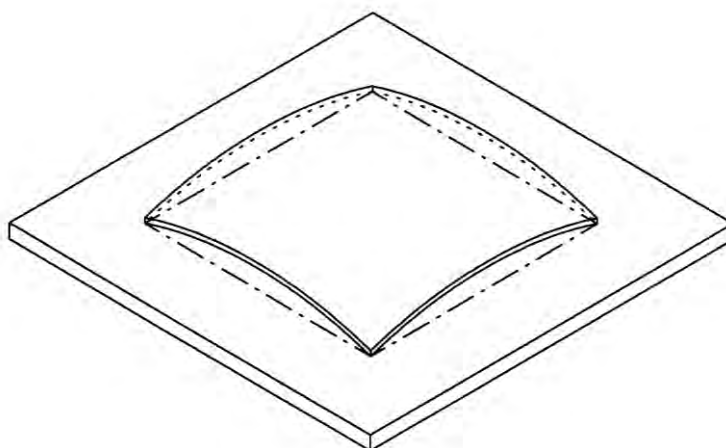
13.2.1 Definice zakřivení a zkroucení (na obdélníkových deskách)

Zakřivení definujeme jako úchylku plochosti desky. Zakřivení má charakter křivosti válcové nebo kulové plochy, byť leží všechny čtyři rohy desky ve stejné rovině (Obr. 73). Zakřivení může být podélné i příčné naráz, byť stále leží všechny čtyři rohy desky ve stejné rovině (Obr. 74).

Obrázek 73

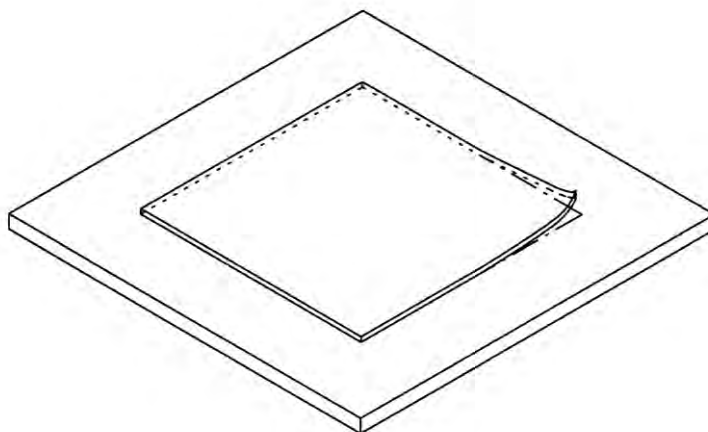


Obrázek 74



Zkroucení definujeme jako úhlopříčnou nebo rovnoběžně úhlopříčnou deformaci desky, například když jeden roh neleží ve stejné rovině, jako ostatní tři rohy (Obr. 75).

Obrázek 75



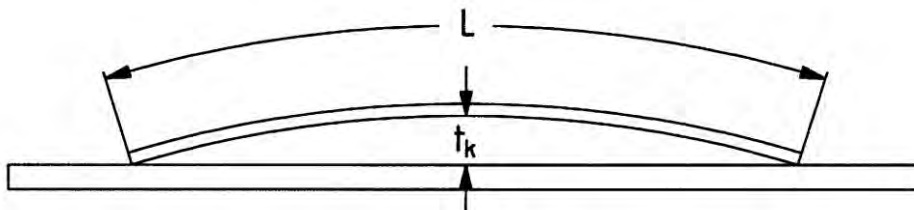
13.2.2 Číselné určení zakřivení a zkroucení

Zakřivení (*Obr. 76*) je určeno jako procento K definice t_k vzhledem k délce L zakřivené hrany:

$$K = (t_k/L) \cdot 100\%$$

Pokud zároveň dojde k podélnému i příčnému zakřivení, použije se největší nalezená hodnota zakřivení.

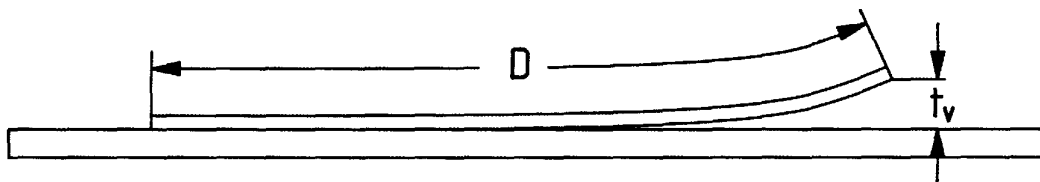
Obrázek 76



Zkroucení (*Obr. 77*) je určeno jako procento V definice t_v vzhledem k délce D úhlopříčky:

$$V = (t_v/D) \cdot 100\%$$

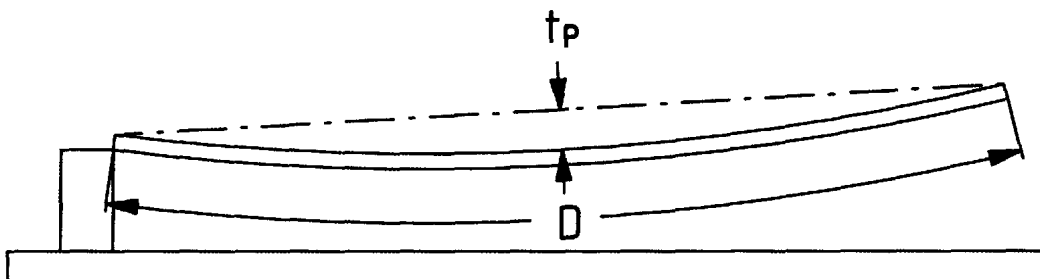
Obrázek 77



Pokud vypadá úhlopříčný řez podobně jako *Obrázek 78*, posuzuje se zkroucení podle třech rohů. Zkroucení je potom určeno jako procento V svislé chyby umístění t_p vzhledem k délce D úhlopříčky:

$$V = (t_p/D) \cdot 100\%$$

Obrázek 78



Poznámka

Rozsah zakřivení či zkroucení závisí na tom, která strana desky je právě otočená vzhůru (kvůli gravitaci). Při měření zakřivení či zkroucení je však zvykem umísťovat desku do polohy znázorněné na *Obrázku 76*.

13.3 Souřadnicová soustava

Souřadnicová soustava se používá k určení okraje desky a pozice okraje vzhledem k dířům a obrázci.

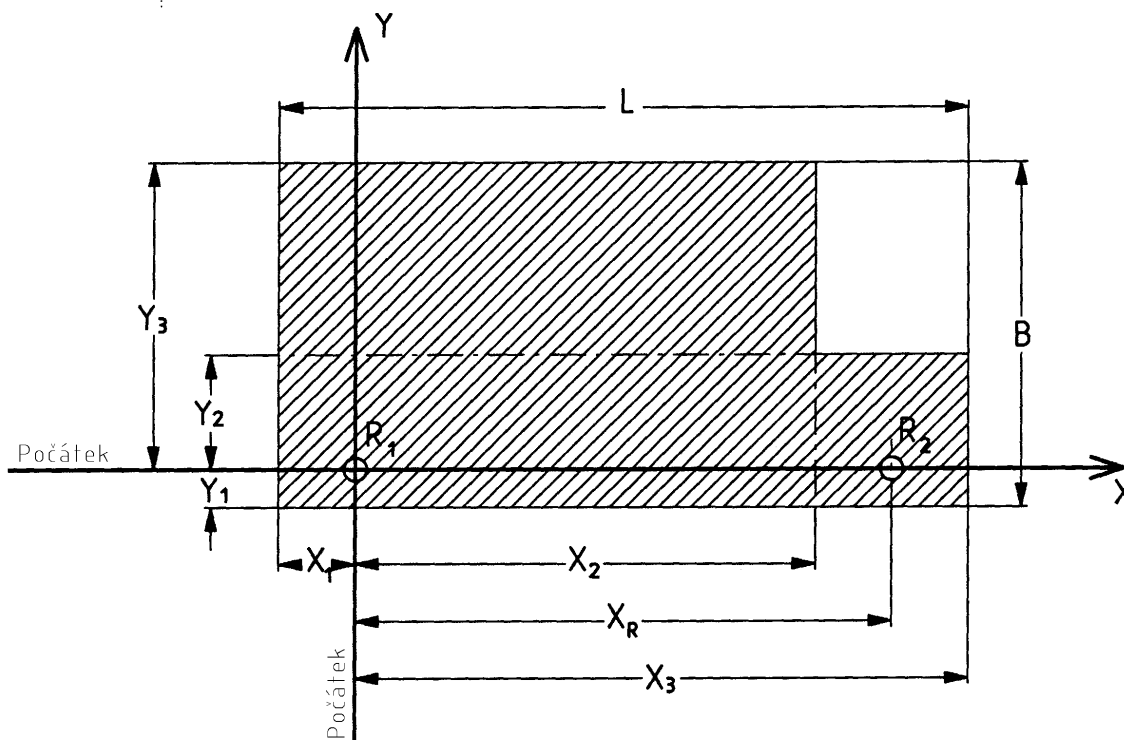
Počátek souřadnicového systému je umístěn v primárním souřadnicovém bodu R_1 . Směr osy X je určen sekundárním souřadnicovým bodem R_2 . Osa Y je kolmá na osu X . Souřadnicovým bodem může být libovolná díra, pokovení nebo roh okraje; viz *Obrázek 79* ve stati 13.4.

13.4 Kótování okraje desky

Kótování okraje desky včetně vnitřních částí k oříznutí a zářezů se provádí na základě primárního souřadnicového bodu R_1 a udává jmenovité rozměry. Kótování musí vždy zahrnovat alespoň dvě díry nebo pokovení, čímž se zajistí správné umístění okraje vzhledem k díram a obrazci. Kótování musí zahrnovat:

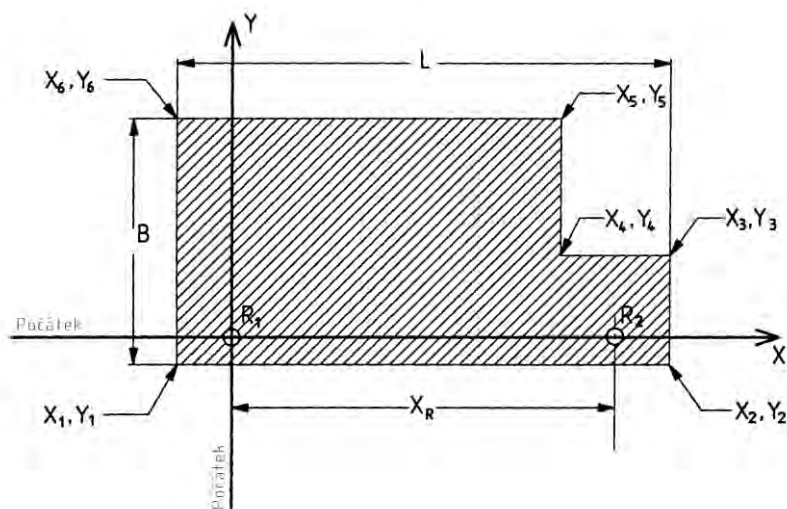
- označení okraje kótami X_1, X_2, \dots a Y_1, Y_2, \dots mezi souřadnicovým bodem R_1 a hranami desky (Obr. 79),

Obrázek 79



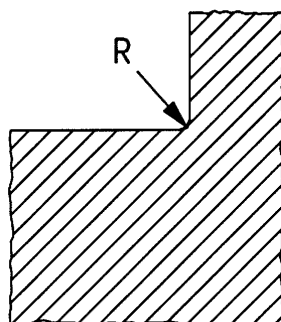
- alternativní označení okrajů pomocí souřadnicových vektorů $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots$ mezi souřadnicovým bodem R_1 a hranami desky (Obr. 80),

Obrázek 80



- c. tolerance umístění hran okrajů podle tolerancí opracování uvedených ve stati 13.7,
- d. kóty celkových rozměrů desky mohou být uvedeny jako její jmenovitá délka L a šířka B ,
- e. v případě vnitřních rohů (*Obr. 81*) musí být uveden maximální poloměr zaoblení, pokud nejsou požadovány ostré rohy. Vhodné označení je $R \leq 1,2 \text{ mm}$ umožňující použít frézu velikosti až 2,4 mm.

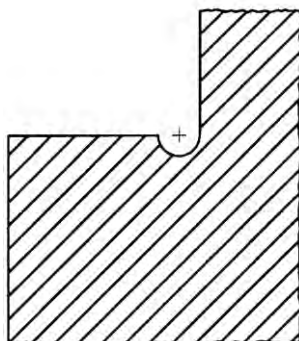
Obrázek 81



Konstrukční poznámka

Pokud je to požadováno, mohou být ostré rohy provedeny podle *Obrázku 82*. Musí to být ale uvedeno v dokumentaci.

Obrázek 82

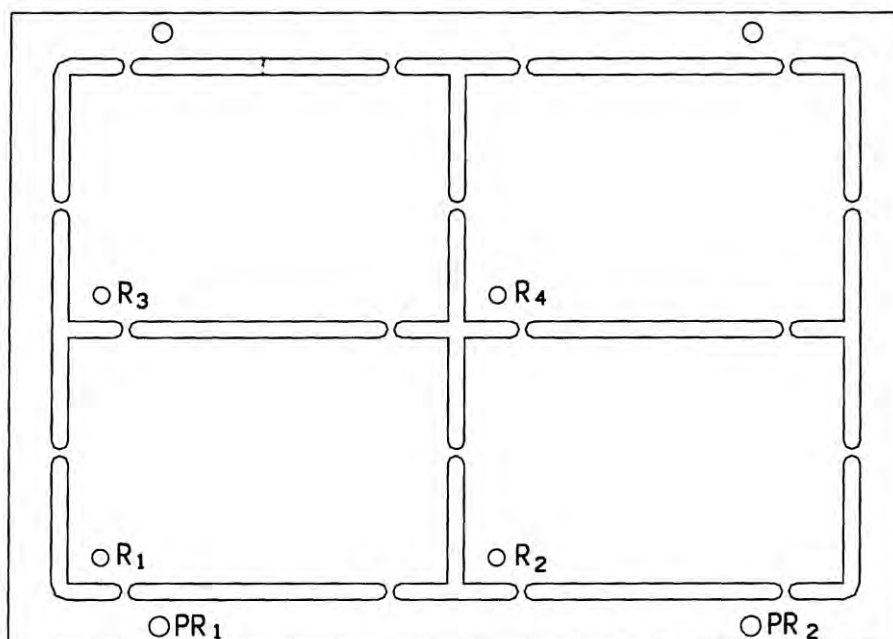


13.5 Kótování desek v panelech

Panelizace znamená umístění jedné či více desek do panelu, který se dodává jako panel frézovaný nebo drážkovaný na jednotlivé desky plošných spojů, které jsou spojeny pomocnými deskami. Panelizace se používá za účelem efektivnějšího sestavení, především k využití možnosti zpracovat několik desek v jedné operaci naráz (např. hromadné pájení).

Stejným způsobem jako ve stati 13.3 lze zavést primární a sekundární souřadnicové body panelu PR_1 a PR_2 . Jednotlivé desky se pak kótují vzhledem k primárnímu souřadnicovému bodu panelu PR_1 . Je vhodné označit umístění jednotlivých desek v panelu jejich primárními souřadnicovými body R_1, R_2, R_3, \dots , což umožňuje výrobcům desek plošných spojů provádět operaci typu „proved' krok a opakuj“ (*Obr. 83*).

Obrázek 83



Poznámka

Pro frézované panely je vzdálenost mezi jednotlivými deskami obvykle v rozmezí 2,4 mm až 3,0 mm. Normálně se použije standardní fréza velikosti 2,4 mm, takže v prvním případě se provede frézování napoprvé za vzniku drsnosti po jedné straně zářezu. V druhém případě je každý zářez frézován dvakrát, hrany jsou mírně hladší a přesnost se lehce zvýší.

Konstrukční poznámka 1

Protože mnoho výrobců desek plošných spojů používá sériové panely různých velikostí, je nutné, aby konstruktér desky provedl konzultaci s výrobcem desek plošných spojů ohledně podrobností panelizace, aby byl sériový panel maximálně využit. Může být vhodné také ponechat celou panelizaci na výrobcu desek plošných spojů.

Konstrukční poznámka 2

Kvůli automatickému sestavování součástí musí mít panelizované desky okrajové izolační části a obráběcí otvory, jak je uvedeno ve stati 2.12.

Konstrukční poznámka 3

Pokud se automatické ořezávání provádí až po pájení desky, je pro to obvykle tuhost desky nedostatečná. Proto je doporučeno začlenění pruhů s šířkou například 20 mm do panelu, čímž bude dosaženo vyšší tuhosti panelu.

13.6 Určení okraje

Okraj desky lze určit třemi způsoby. Specifikace desky musí uvádět, kterou metodou se řídit a zda jsou zahrnuta i zákaznickova frézovací data.

- Kótování se provádí podle postupu uvedeného ve stati 13.4a nebo pomocí souřadnicových vektorů rohů desky, což je popsáno ve stati 13.4b.
- Zákaznickova frézovací data musí být ve formátu stanoveném normou 10 nebo předchozí.
- Více informací o rohových značkách na filmech naleznete ve stati 2.1. Zde musí výrobce desek plošných spojů digitalizovat okraj desky. Takto generovaná data musí být zákazníkovi při kontrole dodaných desek dostupná.

Poznámka

Pokud dojde k neshodě v obrazci, frézovacími daty, kótováním atd., je nutné, aby výrobce desek plošných spojů kontaktoval zákazníka.

13.7 Tolerance opracování

Následující tolerance se s ohledem na umístění hrany okrajů vztahují jak na jednotlivé desky, tak na desky v panelech až do velikosti 450 × 450 mm.

Poloměrová chyba v umístění ΔF libovolného bodu obrysu v libovolném směru (vzhledem k jmenovitému umístění) musí být menší než:

<i>Metoda opracování</i>	<i>Chyba v umístění ΔF</i>
Frézování:	± 0,1 mm
Ražení:	± 0,1 mm
Řezání:	± 0,2 mm
Drážkování (po oddělení desek):	± 0,3 mm

Kontrola se provádí podle popisu ve stati 13.15.

Poznámka

Pokud není pro umístění okraje stanovena žádná tolerance, může výrobce desek plošných spojů zvolit nejvhodnější metodu opracování. Více informací naleznete ve stati 13.4c.

Konstrukční poznámka

Výše zmíněné metody opracování vyžadují, aby byla jmenovitá vzdálenost mezi okrajem desky a kovovými plochami, spoji, atd. následující:

<i>Metoda opracování</i>	<i>Minimální vzdálenost</i>
Frézování:	0,5 mm
Ražení:	0,5 mm
Řezání:	0,6 mm
Drážkování:	0,8 mm

Vztahuje se to také na vnitřní části k oříznutí, zářezy a větší otvory. Pokud tento požadavek není splněn a v měděných oblastech se provádí frézování, ražení, řezání nebo vrubování, jsou zde přípustné otřepy, pokud jejich velikost nepřesahuje 0,2 mm.

13.8 Upevňovací spojky desek v panelech

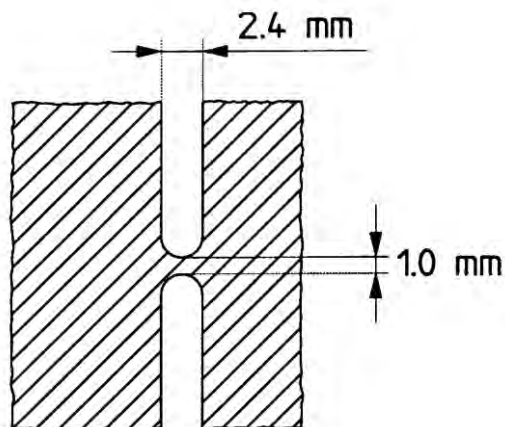
Upevňovací spojky spojují jednu či více desek v panelu, viz stať 13.5.

Následující požadavky se použijí, pokud dokumentace neobsahuje žádné údaje o upevňovacích můstcích:

- a. V případě frézovaných desek je šířka upevňovacích můstků 1 mm.
- b. Pokud jsou desky ražené, musí mít upevňovací můstky nejméně šířku tloušťky desky, ne však méně než 1 mm.

Vzdálenost mezi spojkami je přibližně 40 mm. Je však nutné použít alespoň tři upevňovací spojky na jednu desku.

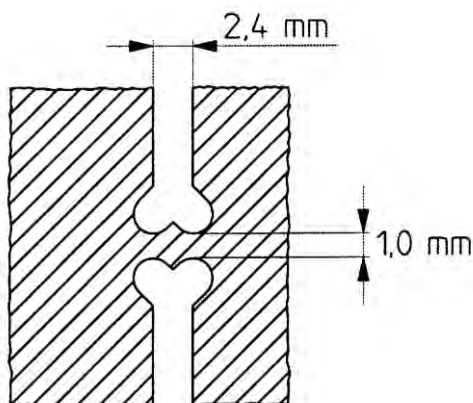
Obrázek 84



Konstrukční poznámka

Po oddělení desek mohou v místech spojení zůstat vyčnívající zbytky spojek. Tomu lze zabránit, pokud je v rovině hrany spoj nejtenčí. Situace je znázorněna na *Obrázku 85*.

Obrázek 85



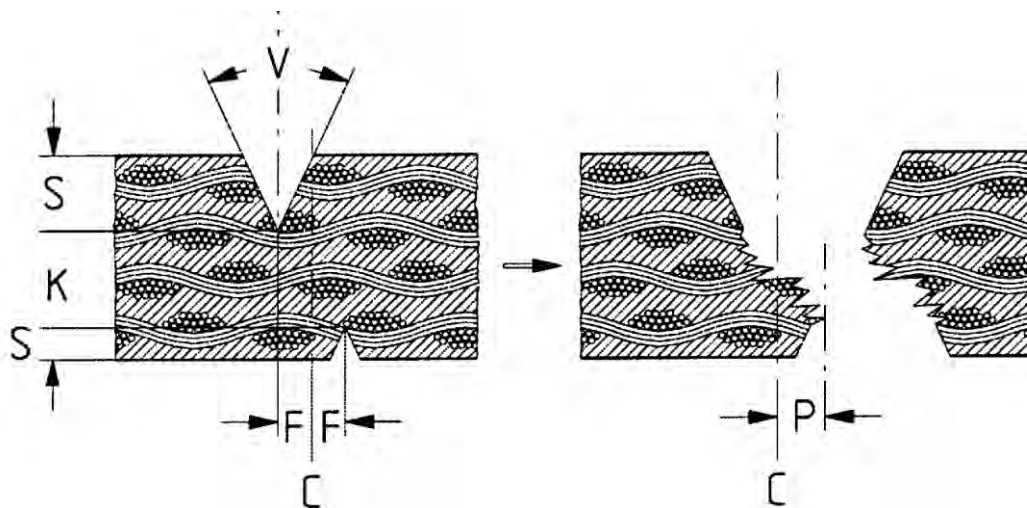
13.9 Drážkování

Pokud specifikace desky neobsahuje jiné požadavky týkající se drážkování (*Obr. 86*), platí při drážkování desky o tloušťce 1,6 mm následující údaje:

Úhel vrubu V :	30 nebo 45 °
Chyba v umístění vrubu F^* :	$\pm 0,25$ mm
Chyba v umístění okraje P^* (po oddělení desek):	$\pm 0,30$ mm
Hloubka vrubu S :	$\geq 0,10$ mm
Nejmenší tloušťka desky K :	$0,45 \pm 0,10$ mm

* *Vztahuje se ke jmenovité středové ose C .*

Obrázek 86



Poznámka

V případě desek dodaných v panelech, kde jsou drážkovány jednotlivé desky, může být drážkován i vnější okraj panelů, pokud neudává specifikace desky jinak.

Konstrukční poznámka

Lamináty FR4 mohou být také drážkovány, ale skleněná vlákna mohou při oddělování desek způsobovat nerovné hrany a jiné problémy.

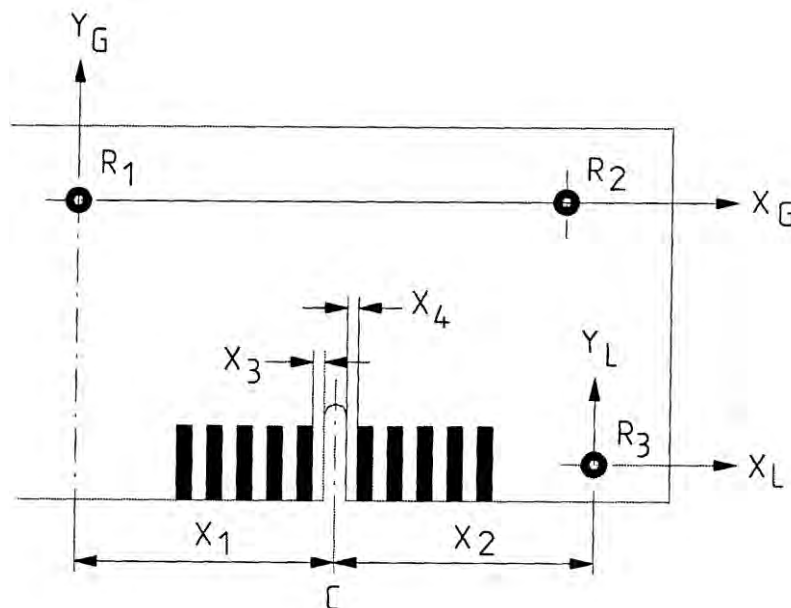
13.10 Klíčovací zářez konektoru hrany

13.10.1 Umístění zářezu

Umístění zářezu (Obr. 87) může být určeno:

- jmenovitým rozměrem X_1 v hlavním souřadnicovém systému X_G, Y_G ; viz stať 13.3,
- jmenovitým rozměrem X_2 v lokálním souřadnicovém systému X_L, Y_L , ale zároveň s ohledem na hlavní souřadnicový systém X_G, Y_G (viz stať 13.3) a jeho počátkem v místním souřadnicovém bodě R_3 ,
- požadavkem symetrického umístění s ohledem na přilehlé kontaktní můstky, například $X_3 = X_4$.

Obrázek 87



13.10.2 Opracování zářezu

Zářez lze frézovat nebo řezat.

Tolerance šířky:	$\pm 0,10$ mm
Tolerance délky:	$\pm 0,25$ mm
Chyba v umístění středové osy zářezu C*:	$\leq 0,10$ mm

*Vzhledem ke jmenovité středové ose C.

Poznámka

Kvůli výrobním tolerancím nesmí být jmenovitá vzdálenost X_3 , X_4 od hrany zářezu k přilehlé kontaktní spojce menší než 0,3 mm.

13.11 Zkosení hranového konektoru

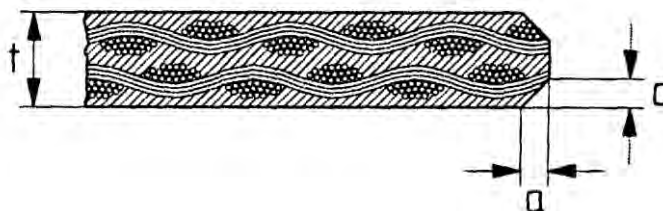
Kontakty hranového konektoru musí být zkoseny na jmenovitý úhel 45° (Obr. 88).

Zkosení a musí při tloušťce t splňovat následující požadavky:

Jmenovitá tloušťka	Zkosení a
$t \geq 1,5$ mm	$0,3 \leq a \leq 0,4$ mm

Otřepy jsou přípustné, pokud není porušeno pravidlo 75 % a velikost otřepů je menší než 0,2 mm. Ke zdvihání mědi nesmí na opracovaném povrchu kontaktů docházet.

Obrázek 88



Poznámka

Určité typy konektorů vyžadují jiný úhel zkosení než 45° . Pokud platí tento požadavek, musí být uveden ve specifikaci desky plošného spoje.

13.12 Typy otvorů

Existují tyto různé typy otvorů:

- Sestavovací otvory, které se používají k montáži HMT součástek. Mají pájecí plošky, ale pokoveny být mohou i nemusí.
- Naváděcí otvory, které se používají k upnutí v různých strojích. Naváděcí otvory se vyrábí technikou tentingu, vrtají se tedy při první vrtací operaci společně s pokovenými dírami; viz stat' 4.4., ale nejsou pokoveny.
- Montážní otvory, které se používají k mechanickému upevnění desky nebo k upevnění určitých součástí na desce.

13.13 Určení polohy díry

Poloha díry může být určena pomocí:

- a. Zákazníkových vrtacích dat, pokud jsou založena na stejném základu, jaký se používá pro generování dat pro plotr. Formát se řídí normou PERFAG 10 nebo předchozí.
- b. Souřadnicí specifikovanou zákazníkem.
- c. Značkami děr na originálních filmech zákazníka, buď jako pájecí plošky, nebo středící značky. V obou případech musí výrobce desek plošných spojů určit vrtací data digitalizací filmů. Takto generovaná data musí mít zákazník při kontrole dodaných desek k dispozici.

Poznámka

Pokud dojde k neshodě mezi vrtacími daty, danými souřadnicemi a originálními filmy, je nutné, aby výrobce desek plošných spojů kontaktoval zákazníka. Viz stať 2.1.

13.14 Tolerance umístění děr

Obecným požadavkem na díry HMT je, aby relativní chyba v umístění mezi dírou a pokovením byla tak malá, že budou splněny požadavky s ohledem na nepoškozené pájecí plošky kromě uvedených výjimek.

Pokud specifikace desky neuvádí jinak, vztahují se následující požadavky na jednotlivé desky a desky v hrubých přířezech až do velikosti 300 × 300 mm s dodatečnými 0,05 mm pro každých započatých 100 mm na větších deskách.

Poloměrová chyba v umístění děr ΔF v libovolném směru se jmenovitým průměrem d (vzhledem ke jmenovité poloze) musí být menší než:

Typy děr	Jmenovitý průměr	Chyba v umístění ΔF
Pokovené sestavovací otvory:	$d \leq 5,30$ mm	$\pm 0,10$ mm
Nepokovené sestavovací otvory:	$d \leq 5,30$ mm	$\pm 0,20$ mm
Naváděcí otvory (viz stať 13.12b):	$2,0 \leq d \leq 3,50$ mm	$\pm 0,10$ mm
Nepokovené* montážní otvory:	$d \leq 3,50$ mm	$\pm 0,05$ mm
Nepokovené montážní otvory:	$d \leq 5,30$ mm	$\pm 0,20$ mm

*Vyrobeno stejnou metodou jako naváděcí otvory; viz stať 4.4.

Poznámka

Díry se jmenovitým průměrem $d > 5,3$ mm se považují za část okraje; viz stať 13.7.

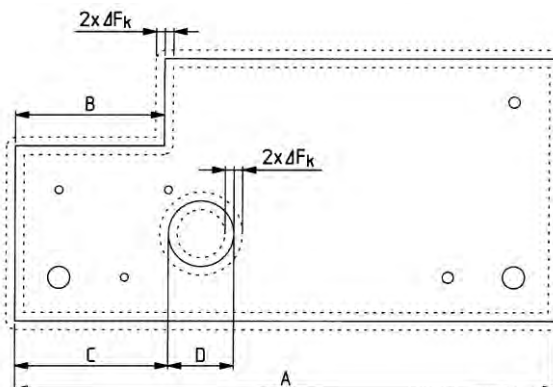
13.15 Kontrola desky

Jelikož prvky používané jako souřadnicové body mohou mít z výrobního procesu také určité úchytky, je nutné kontrolu založit na relativních mírách.

Požadavky poloměrové chyby v umístění vzhledem ke jmenovitému umístění lze ekvivalentně vystihnout následujícími požadavky:

- a. Tolerance rozměru „hrana-hrana“ musí být menší než součet možné poloměrové chyby v umístění náležitých hran ΔF_k (Obr. 89). Viz stať 13.7.

Obrázek 89



$$A_{\max} = A + 2 \Delta F_k$$

$$A_{\min} = A - 2 \Delta F_k$$

$$B_{\max} = B + 2 \Delta F_k$$

$$B_{\min} = B - 2 \Delta F_k$$

$$C_{\max} = C + 2 \Delta F_k$$

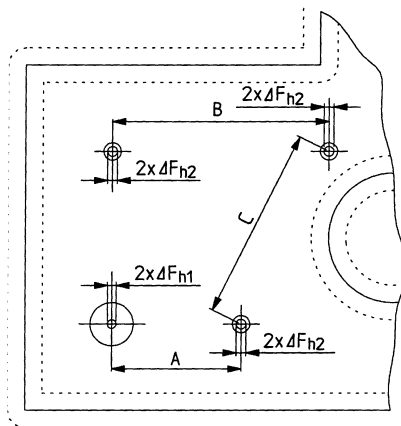
$$C_{\min} = C - 2 \Delta F_k$$

$$D_{\max} = D + 2 \Delta F_k$$

$$D_{\min} = D - 2 \Delta F_k$$

- b. Tolerance rozměru „díra-díra“ musí být menší než součet možné poloměrové chyby v umístění náležitých děr ΔF_h (Obr. 90). Viz stať 13.14.

Obrázek 90



$$A_{\max} = A + \Delta F_{h1} + \Delta F_{h2}$$

$$A_{\min} = A - \Delta F_{h1} - \Delta F_{h2}$$

$$B_{\max} = B + 2 \Delta F_{h2}$$

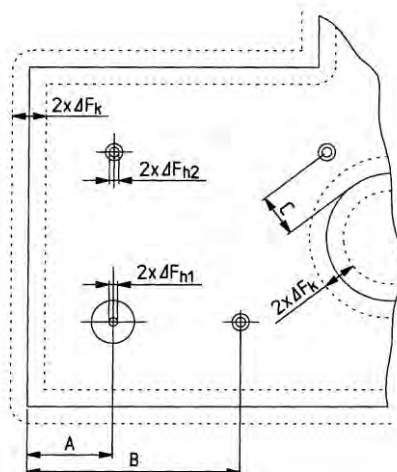
$$B_{\min} = B - 2 \Delta F_{h2}$$

$$C_{\max} = C + 2 \Delta F_{h2}$$

$$C_{\min} = C - 2 \Delta F_{h2}$$

- c. Tolerance rozměru „díra-hrana“ musí být menší než součet možné poloměrové chyby v umístění náležité díry (viz stať 13.14) a hrany (viz stať 13.7) ΔF_h (Obr. 91).

Obrázek 91



$$A_{\max} = A + \Delta F_{h1} + \Delta F_k$$

$$A_{\min} = A - \Delta F_{h1} - \Delta F_k$$

$$B_{\max} = B + 2 \Delta F_{h2} + \Delta F_k$$

$$B_{\min} = B - 2 \Delta F_{h2} - \Delta F_k$$

$$C_{\max} = C + 2 \Delta F_{h2} + \Delta F_k$$

$$C_{\min} = C - 2 \Delta F_{h2} - \Delta F_k$$

14. Použité zkratky

ANSI:	(American National Standards Institute) Název instituce.
AOI:	(Automatic Optical Inspection) Optická kontrola založená na fotografickém rozeznání obrazce nebo konstrukčních pravidlech.
CEM-1:	(Composite Epoxy Material) Laminát vyrobený s papírovým jádrem a vnějšími vrstvami se skleněnými vlákny a povinnou složkou epoxidu. Standardně nehořlavý.
CEM-3:	(Composite Epoxy Material) Laminát vyrobený s nepletenou skleněnou látkou v jádře a vnějšími vrstvami se skleněnými vlákny a povinnou složkou epoxidu. Standardně nehořlavý.
COB:	(Chip On Board) Sestavovací metoda, kde se čipy IC montují přímo na desku plošného spoje a jsou spojeny bez pájení, například lepením drátů.
FR2:	(Flame Retardant) Laminát vyrobený z papíru s povinnou složkou fenlou. Přidán též ohnivzdorný materiál.
FR3:	(Flame Retardant) Laminát vyrobený z papíru s povinnou složkou epoxidu. Přidán též ohnivzdorný materiál.
FR4:	(Flame Retardant) Laminát vyrobený ze skleněných vláken s povinnou složkou epoxidu. Přidán též ohnivzdorný materiál.
HAL:	(Hot-Air Levelling) Desky jsou ponořeny do pájky a vyrovnávány horkovzdušnými tryskami.
HMT:	(Hole Mounting Technology) Technologie montáže součástek pokrytých olovem vložním (a zapájením) jejich olověných částí do desky plošného spoje.
IEC:	(International Electrotechnical Commission) Název instituce.
IPC:	(The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits). Název instituce.
NEMA:	(National Electrical Manufacturers Association) Název instituce.
OS:	(Optical Sight) Optický pohled nebo také rámečkové značky.
SMD:	(Surface Mount Device) Zařízení pro povrchovou montáž.
SMT:	(Surface Mounting Technology) Technologie montáže a pájení součástek na povrch desky plošného spoje.