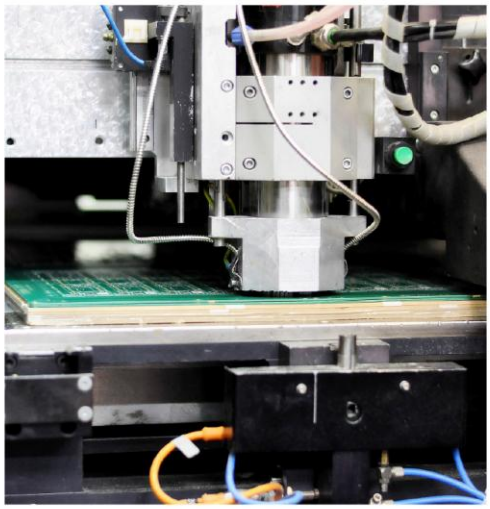
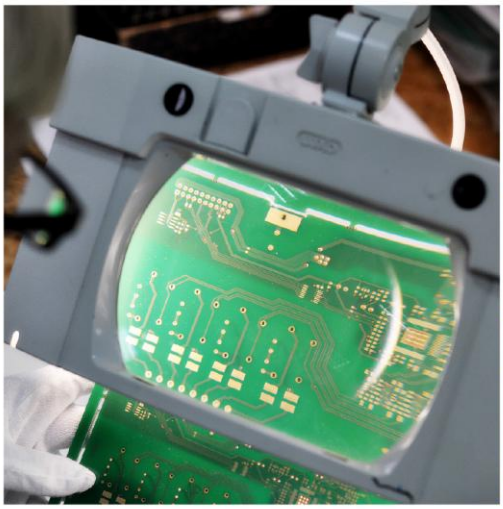
TECHNO-SERVICE S.A.

Parametry technologiczne obwodów drukowanych produkowanych w Techno-Service S.A.

Spis treści

1. Parametry materiałów stosowanych do produkcji obwodów drukowanych 3
1.1. Wykorzystywane laminaty 3
1.2. Tolerancje końcowej grubości obwodów 3
1.3. Materiały bazowe obwodów wielowarstwowych 3
1.4. Niestandardowe parametry laminatów 4
1.5. Maski oraz opisy 4
1.6. Pokrycia pól lutowniczych 5
2. Obróbka mechaniczna obwodów drukowanych 5
2.1. Wiercenie (CNC) – otworowanie 5
2.2. Frezowanie 6
2.3. Rylcowanie 6
2.4. Fazowanie 7
2.5. Frezowanie na głębokość 7
2.6. Układanie obwodów w panel 7
3. Przelotki 7
3.1. Typy przelotek 7
3.2. Wykończenie przelotek 8
4. Krytyczne parametry mozaiki – parametry DRC 8
4.1. Minimalne odległości oraz grubości ścieżek 8
4.2. Minimalne pierścienie oraz odległości otworów 9
4.3. Obwody na podłożu aluminiowym 9
5. Znakowanie obwodów 10
5.1. Certyfikat niepalności UL 10
5.2. Datowanie 10
5.3. Inne oznaczenia 10
6. Wykaz stosowanych skrótów i oznaczeń 10

1. Parametry materiałów stosowanych do produkcji obwodów drukowanych

Wykonujemy następujące rodzaje obwodów drukowanych:

- jednostronne na laminatach: FR4 (otwory niemetalizowane), aluminiowym (bez metalizacji otworów), Rogers (bez metalizacji otworów);
- dwustronne na laminatach: FR4 (otwory metalizowane / półmetalizowane / niemetalizowane), mikrofalowych Rogers (otwory metalizowane / niemetalizowane – zależy od typu laminatu);
- wielowarstwowe do 8 warstw na laminacie FR4 (otwory metalizowane / niemetalizowane).

1.1. Wykorzystywane laminaty

Parametry typowych laminatów wykorzystywane do produkcji obwodów drukowanych przedstawiono w tab. 1. Wytwarzamy obwody na laminatach o grubościach w zakresie **0,2÷3,2 mm**. W magazynie posiadamy „od ręki" laminaty FR4 o grubościach z szeregu [mm]: **0,2; 0,36; 0,5; 0,6; 0,71; 0,8; 1,0; 1,2; 1,55; 2,0; 2,4; 3,2**.

Tab. 1. Podstawowe parametry laminatów.

Typ / oznaczenie laminatu	Grubość laminatu [mm]	Bazowa grubość Cu [µm]	Tg* [°C]	CTI* [V]
FR4	0,2÷3,2	18÷210	130	175÷249 (PLC3)
Aluminium (2 W/mK)	1,0÷3,2	35, 70, 105	n/d	≥600 (PLC0)
Rogers: RO4000, RO3000, RT/duroid®5870 / 5880	dobierany dla konkretnego projektu	18, 35, 70	n/d	n/d

* Laminaty o wyższych wartościach parametrów Tg i / lub CTI są dostępne na specjalne zamówienie.

1.2. Tolerancje końcowej grubości obwodów

Zestawienie granicznych dopuszczalnych grubości gotowych, wykonywanych na laminatach FR4, obwodów jedno- oraz dwustronnych (grubości całkowite płytek) przedstawiono w tab. 2.

Tab. 2. Tolerancje grubości laminatów.

Grubość laminatu bazowego [mm]	Grubość miedzi bazowej [mm]	Dopuszczalny zakres grubości gotowych obwodów [mm]	
		min.	max.
0,2	18 µm	0,38	0,43
	35 µm	0,42	0,47
	70 µm	0,49	0,54
0,36	18µm	0,53	0,60
	35 µm	0,56	0,64
	70 µm	0,63	0,71
0,71	0,018	0,87	0,97
	0,035	0,90	1,00
	0,07	0,97	1,07
	0,105	1,04	1,14

Grubość laminatu bazowego [mm]	Grubość miedzi bazowej [mm]	Dopuszczalny zakres grubości gotowych obwodów [mm]	
		min.	max.
0,51	0,018	0,67	0,77
0,60	0,018	0,76	0,86
0,80	0,018	0,93	1,08
1,00	**gr. Cu wliczona w laminat bazowy**	1,10	1,25
1,20		1,30	1,45
1,40		1,50	1,65
1,55		**1,65**	**1,80**
2,00		2,07	2,27
2,40		2,47	2,67
3,20		3,24	3,50

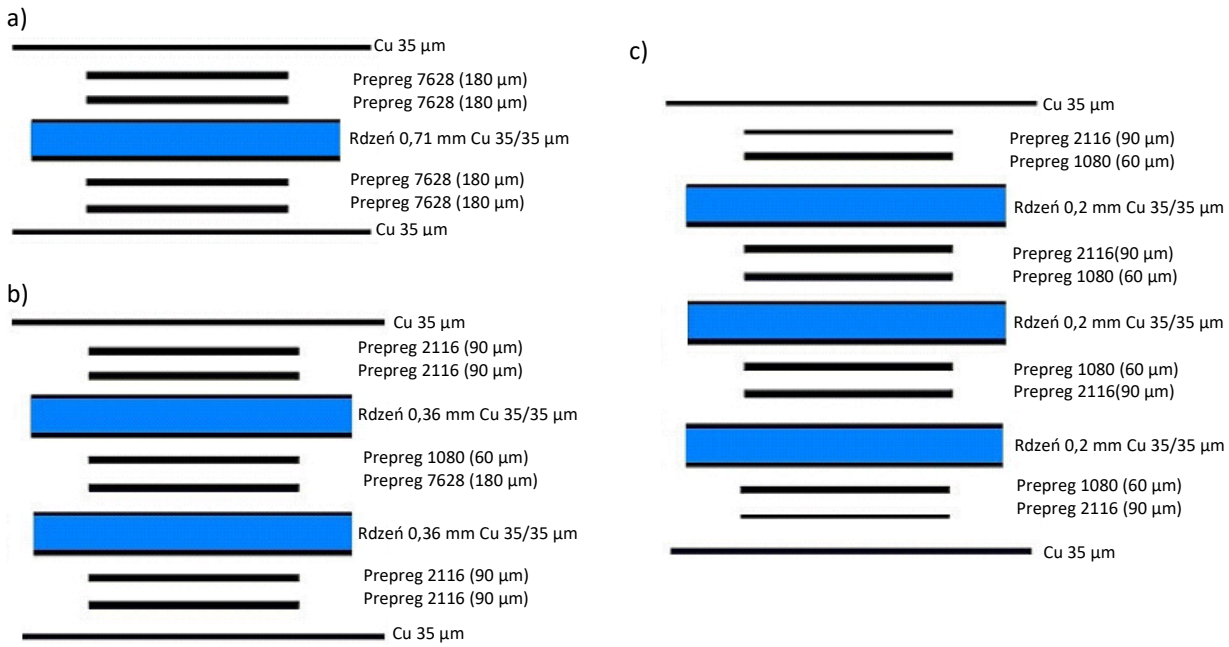
1.3. Materiały bazowe obwodów wielowarstwowych

Materiały wykorzystywane do produkcji obwodów wielowarstwowych przedstawiono w tab. 3. Typowa wartość parametru Tg wynosi **130°C**, a CTI do **249 V**. Oferujemy również laminaty o wyższych wartościach tych parametrów.

Tab. 3. Parametry typowych materiałów stosowanych do produkcji obwodów wielowarstwowych.

Typ materiału	Grubość [mm]	Uwagi
rdzeń	0,10; 0,20; 0,36; 0,50; 0,71; 1,00	Największa dopuszczalna grubość rdzenia możliwego do użycia wynosi ok 2,8 mm.
prepreg	Typ 106 – 0,045 typ 1080 – 0,06 typ 2116 – 0,09 typ 7628 – 0,18	Minimalna liczba prepregów pomiędzy warstwami wynosi 2. Stąd najmniejsza do uzyskania odległość pomiędzy sąsiednimi warstwami to ok. 0,1 mm (2 x prepreg 106).
folia miedziana	0,018; 0,035; 0,070	Stosowana jako przewodzące warstwy zewnętrzne.

W obwodach tego typu możliwe jest uzyskanie następujących grubości warstw miedzi:
- na warstwach zewnętrznych (grubość końcowa) [µm]: 35; 70; 105; 140; 170; 210; 240;
- na warstwach wewnętrznych [µm]: 18; 35; 70; 105.



Rys. 1. Standardowe budowy obwodów 4- (a), 6- (b) i 8-warstwowych (c).

Standardowe budowy (ang. build-up, stack-up) obwodów wielowarstwowych przedstawiono na rys. 1. Zamieszczono na nim przekroje stosów, parametry stosowanych rdzeni oraz prepregów, a także końcowe grubości folii miedzianych poszczególnych warstw przewodzących.

Poza typowymi rozwiązaniami oferujemy także niestandardowe budowy, w których dobieramy dla potrzeb Klienta typy i grubości poszczególnych elementów składowych stosu.

1.4. Niestandardowe parametry laminatów

Poza wymienionymi powyżej materiałami oferujemy również laminaty o niestandardowych parametrach. Częścią z nich dysponujemy stale, inne zaś zamawiamy pod konkretne zlecenia, zgodnie z wytycznymi Klienta. Poniżej przedstawione zostały przykładowe niestandardowe parametry laminatów:
- Tg: 150°C, 180°C;
- CTI: PLC0 ≥ 600 V;
- Grubość miedzi końcowej: do 240 µm, w tym 12 µm;
- Laminaty typu *Halogen free*;
- Laminaty na podłożu aluminiowym o TC > 2 W/mK (do 5 W/mK);
- Laminaty na podłożu aluminiowym – nieanodyzowane.

1.5. Maski oraz opisy

Maski antylutownicze

Wykonujemy maski przeciwlutownicze (ang. soldermask) bazując na materiałach firmy **Peters** z serii **SD24XX**. Poniżej przedstawiono oferowane kolory masek oraz ich stopień połysku:
- zielony – maska półmatowa lub półbłyszcząca,
- biały – maska błyszcząca,
- niebieski – maska półmatowa,
- czerwony – maska półmatowa.
- czarny – półmatowa lub matowa,
- żółty – maska półbłyszcząca.

Maska zrywalna

Wykorzystujemy maskę **Peters SD955**, którą zakrywamy otwory metalizowane o maksymalnej średnicy **1,9 mm**. Maska nakładana jest po ostatnim etapie produkcji na jedną lub obie strony gotowego obwodu. Średnia grubość wykonanej maski zrywalnej wynosi około **0,3 mm**.

Warstwy opisów elementów

Do warstw opisowych, nakładanych sitodrukiem, wykorzystujemy farby **Peters** z serii **SD24XX.** Minimalna szerokość linii opisowej wynosi **4 mils (ok. 0,1 mm)**. Dla opisu białego dopuszcza się linie o szerokości 3 mils (istnieje ograniczenie powierzchniowe zlecenia). Elementy opisu wchodzące na pady lutownicze lub wystające poza obrys płytki są zawsze usuwane. Wykonujemy opisy w następujących kolorach: białym (standard), niebieskim, czerwonym, czarnym, zielonym oraz żółtym.

1.6. Pokrycia pól lutowniczych

Odsłonięte pola miedzi mogą być wykończone w trzech wariantach przedstawionych w tab. 4. Należy pamiętać, że pokrycie nakładane jest tylko na odsłonięte obszary miedzi, które nie są pokryte maską anty-lutowniczą.

Tab. 4. Dostępne pokrycia padów lutowniczych.

Typ	Inna nazwa	Grubość pokrycia	Uwagi
HAL Pb free	HAL bezołowiowy, HASL, cynowanie bezołowiowe	1 µm – 40 µm	Powierzchnia nie jest idealnie płaska i nie ma możliwości uzyskania konkretnej grubości pokrycia.
ENIG	złocenie chemiczne, złoto immersyjne	warstwa złota: 0,04 µm – 0,12 µm warstwa niklu: 4,0 µm – 6,0 µm	**Wymagane gdy:** – grubość laminatu bazowego jest mniejsza niż 0,36 mm, – występują układy BGA lub µBGA, – występują ślepe/zagrzebane przelotki, – występują odległości 4 mils (odmaskowane przewodniki), – występuje SMD jednostronne, a minimalna szerokość padów wynosi 8 mils lub mniej, – występuje SMD dwustronne, a minimalna szerokość padów wynosi 11 ,8 mils lub mniej, – grubość laminatu jest ≥ 1,55 mm oraz jednocześnie występują metalizowane sloty, – na krawędziach występują półotwory oraz półszczelny metalizowane. **Zalecane gdy:** – występuje metalizacja krawędzi lub sloty metalizowane,
Bez pokrycia	–	–	Miedź nie jest pokryta żadną warstwą ochronną, przez co matowieje wskutek utleniania.

2. Obróbka mechaniczna obwodów drukowanych

2.1. Wiercenie (CNC) – otworowanie

Wiercenie stosowane jest do wykonywania otworów metalizowanych/półmetalizowanych/niemetalizowanych o maksymalnej średnicy 6 mm - większe otwory są frezowane. Podstawowe parametry wiercenia są następujące:

– minimalna średnica wiertła: ..... 0,25 mm
– minimalna średnica otworu metalizowanego: ..... 0,15 mm
– maksymalna średnica zagrzebanej przelotki: ..... 1,5 mm
– standardowa tolerancja średnicy otworów metalizowanych: ..... +0,1 mm / -0,05 mm
– standardowa tolerancja średnicy otworów niemetalizowanych: ..... +0,1 mm / -0,05 mm
– standardowa tolerancja wymiarów szczelin metalizowanych: ..... +0,1 mm / -0,05 mm
– minimalna szerokość szczeliny metalizowanej: ..... 0,5 mm

Możliwe jest wykonanie otworów o niestandardowej tolerancji średnicy (np. ±0,05 mm). W tym celu konieczne jest umieszczenie informacji o oczekiwanej tolerancji średnic otworów na zamówieniu. Ponadto należy określić, które otwory należy wykonać z żądaną tolerancją.

2.2. Frezowanie

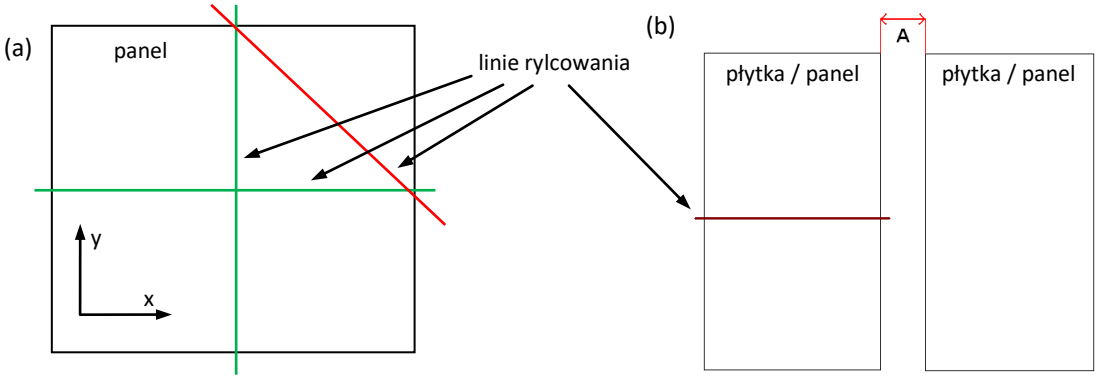
Frezowanie (ang. routing, milling) stosowane jest do obróbki mechanicznej krawędzi płytek/paneli, frezowania szczelin/wcięć oraz do wykonywania dużych otworów (>6 mm), a także frezowania paneli z zastosowaniem mostków. Podstawowe parametry frezowania są następujące:

– minimalna średnica frezu: ..... 0,6 mm
– standardowa średnica frezu: .....2,0 mm
– typowe średnice frezów [mm]: 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0; 2,4
– standardowa tolerancja frezowania: .....±0,1 mm

Występowanie frezowania narzędziem o średnicy mniejszej niż 2 mm musi być zawsze wskazane na zamówieniu o ile nie wynika jednoznacznie z projektu. Należy pamiętać, że zastosowanie w projekcie nietypowego frezowania np. narzędziem o małej średnicy (mniej niż 1,5 mm) może spowodować znaczny wzrost ceny. Możliwe jest również zastosowanie niestandardowej tolerancji frezowania - konieczne jest umieszczenie takiej informacji na zamówieniu. Należy wówczas określić, który wymiar płytki ma zostać wykonany ze wskazaną tolerancją (najlepiej na rysunku).

2.3. Rylcowanie

Rylcowanie (ang. v-cut, scoring) to operacja nacinania płytek / paneli, która umożliwia łatwą depanelizację płytek po montażu automatycznym. Linie nacięć przebiegają pionowo i / lub poziomo, w sposób ciągły lub skokowy (skipping). Na rys. 2a przedstawiono w kolorze zielonym standardowe linie rylcowania. Nie jest możliwe do wykonania rylcowanie po linii ukośnej (linia czerwona).



Rys. 2. Standardowe i niedozwolone linie rylcowania (a) oraz rozmieszczenie płytek rylcowatych na skipping (b).

Rys. 2b przedstawia przykład rylcowania skokowego (skipping), w którym linia rylcowania nie jest ciągła na całej swojej długości. W tym przypadku nierylcowana odległość pomiędzy sąsiednimi płytkami (odległość „A" z rys. 2b) musi wynosić co najmniej 10 mm, aby nie uszkodzić sąsiedniej płytki niepodlegającej rylcowaniu.

Podstawowe parametry rylcowania są następujące:

– najmniejsza grubość laminatu możliwego do rylcowania: ..... 0,36 mm
– rylcowanie jednostronne: .....dla laminatów o grubości ≥ 0,5 mm
– tolerancja linii rylcowania: .....±0,1 mm

Standardowo wykonujemy rylcowanie dwustronne począwszy od grubości 0,36mm. Dla grubości w zakresie ≥0,5 mm oraz <1,0 mm pozostawiamy 0,3 mm grubości nierylcowanej. Począwszy od grubości 1,0 mm aż do grubości <2,0 mm pozostawiamy standardowo 0,4 mm nierylcowanego laminatu, a dla zakresu od 2,0 mm do <2,4 mm, 0,5 mm. W laminatach o grubości 2,4mm i większej część nierylcowana stanowi 20% grubości laminatu.

Minimalne dopuszczalne odległości elementów mozaiki od linii rylcowania zostały przedstawione w tab. 5.

Tab. 5. Minimalna odległość ścieżek, padów lub mas od linii rylcowania.

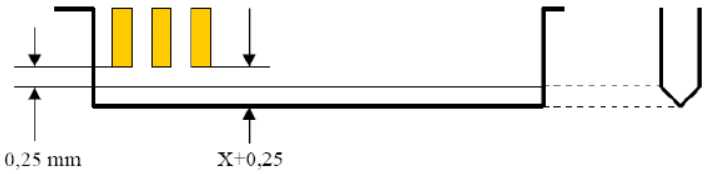
Grubość laminatu FR4 [mm]	0,55	0,80	1,00	1,20	1,55	2,00	2,40
Minimalna odległość [mm]	0,15	0,21	0,26	0,31	0,4	0,52	0,62

2.4. Fazowanie

Fazowanie (ang. chamfering) polega na skośnym (obustronnym) ścięciu krawędzi płytki, najczęściej przy złączu krawędziowym, w celu ułatwienia montażu grzebienia złącza w gnieździe (rys. 3). Operacja może być wykonana na dwa sposoby:

- **fazowanie standardowe** – wykonywane jest na całej długości krawędzi płytki (na dedykowanej maszynie). W przypadku panelizacji płytek krawędź fazowana musi być zwrócona na zewnątrz i nie może być zasłonięta marginesem.
- **fazowanie skokowe (skipping)** – wykonywane w sytuacji, gdy krawędzie fazowane umieszczone są wewnątrz panelu (krawędź fazowana nie jest dostępna na zewnątrz). Realizowane jest metodą rylcowania i w związku z tym należy zachować te same minimalne dopuszczalne odległości pomiędzy płytkami jak w przypadku rylcowania skokowego (rys. 2b).

Parametry fazowania są następujące:
– minimalny kąt fazowania: ..... 30°
– standardowy kąt fazowania: ..... 45°
– dla laminatu o grubości 1,55 mm i kąta 45°: ..... X=0,675 mm (rys. 2)
– dla laminatu o grubości 1,55 mm i kąta 30°: ..... X=1,170 mm (rys. 2)



Rys. 3. Przygotowanie grzebienia złącza krawędziowego do fazowania.

2.5. Frezowanie na głębokość

Frezowanie na głębokość (ang. z-routing) wykonywane jest na laminatach FR4 i polega na frezowaniu określonego obszaru obwodu na żądaną głębokość (usunięcie laminatu w osi z). Operacja może być wykonywana z jednej lub z dwóch stron obwodów. Standardowo wykonywane jest ono frezem o średnicy **2 mm**.

Należy pamiętać, że frezowanie na głębokość jest bardziej czasochłonne od standardowego frezowania. Dlatego w przypadku występowania na płytce większych obszarów frezowanych należy skonsultować wykonanie przed złożeniem zamówienia.

2.6. Układanie obwodów w panele

Większe serie płytek przeznaczone do montażu automatycznego umieszcza się panelach (multiblokach). Zwykle wzdłuż dłuższych boków paneli pozostawia się fragment laminatu (margines), który przeznaczony jest do mocowania paneli w automatach do montażu elementów.

W panelach wykonujemy także płytki w przypadku, gdy jeden z boków obwodu drukowanego jest krótszy od **30 mm**. Dla takich płytek panel układamy samodzielnie, o ile nie otrzymamy spanelizowanego projektu obwodu.

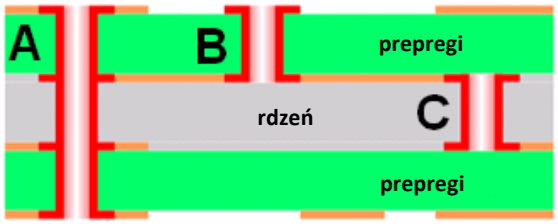
W zależności od obróbki mechanicznej wyróżnia się następujące typy paneli:

a) **Panel rylcowany**, który jest zalecany dla płytek o obrysie prostokątnym, w szczególności na podłożu aluminiowym. Wówczas standardowo obwodu układane są na styk, z **6 mm** marginesem wzdłuż dłuższych krawędzi panelu.
b) **Panel frezowany z mostkami bez perforacji**. W tym przypadku płytki układane z odstępami **2 mm**, z mostkami rozmieszczonymi co **50 mm** oraz **7 mm** marginesem.
c) **Panel frezowany z mostkami perforowanymi.** W panelu tym obwody układane z odstępami **2 mm**, z mostkami rozmieszczonymi co **50 mm** oraz **7 mm** marginesem. Dodatkowo w mostkach wykonuje się otwory pomocnicze (perforacje) ułatwiające wyłamywanie obwodu z panelu.
d) **Panel mieszany**, który łączy w sobie cechy panelu rylcowanego i frezowanego.

3. Przelotki

3.1. Typy przelotek

Wykonujemy trzy rodzaje przelotek metalizowanych, które zilustrowano na rys. 3. **Przelotki standardowe** (ang. vias, oznaczone jako A na rys. 4) wykonywane są w obwodach dwustronnych i wielowarstwowych. Umożliwiają one połączenie elektryczne mozaik na stronach TOP i BOTTOM oraz warstwach wewnętrznych, ponieważ przechodzą przez całą grubość płytki. Minimalna średnica przelotki wynosi **0,15 mm** (średnica gotowej przelotki).



Rys. 4. Przekrój płytki z widocznymi typami przelotek: A – standardowa, B – ślepa, C - zagrzebana.

Przelotki ślepe (ang. blind vias, oznaczone jako B na rys. 4) wykonywane są wyłącznie w obwodach wielowarstwowych. Zapewniają one połączenie jednej z warstw zewnętrznych obwodu (TOP lub BOTTOM) z warstwą lub warstwami wewnętrznymi, ponieważ są wiercone na żądaną głębokość. Dla tego typu przelotek występują następujące uwarunkowania technologiczne:

- minimalna średnica przelotki – **0,15 mm**,
- maksymalna głębokość (G) dla otworów o średnicach (D) **0,2÷0,9 mm** wynosi od **0,23÷0,75 mm**. Można ją wyznaczyć z zależności **G = 0,75 * (D + 0,1)** [mm],
- maksymalna głębokość (G) jest **>1,00 mm** dla otworów o średnicy (D) **>0,9 mm**, co opisuje wzór **G = D + 0,1** [mm],
- obwody ze ślepymi przelotkami muszą być złocone,
- możliwe jest wykonanie ślepych przelotek z jednej lub obu stron płytki.

Zagrzebane przelotki (ang. buried vias, oznaczone jako C na rys. 4) pozwalają połączyć ze sobą tylko warstwy przewodzące z obu stron rdzeni obwodów wielowarstwowych (warstwy wewnętrzne danego rdzenia – przykład na rys. 4). W tym przypadku średnica ślepej przelotki nie może przekraczać **1,5 mm**, a obwody musza być złocone.

3.2. Wykończenie przelotek

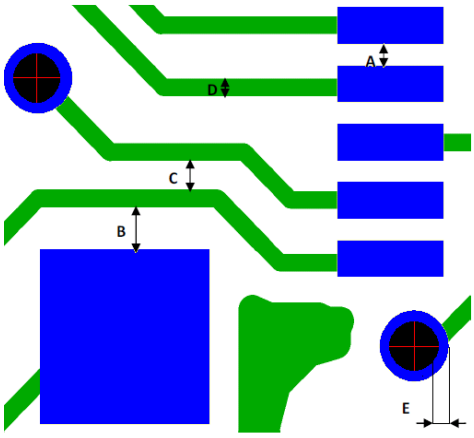
W obwodach drukowanych spotyka się następujące warianty wykonania przelotek:

- **Przelotki odmaskowane** – najbardziej popularne rozwiązanie. Pierścienie przelotek są wykończone wybranym przez Klienta pokryciem.
- **Przelotki zakryte maską** (ang. covered vias) – przelotki pokrywane są soldermaską i z reguły nie są zatkane. Maska przelewa się przez nie, pokrywając krawędzie i ścianki otworów.
- **Przelotki zatkane** (ang. plugged vias) – przelotki wypełniane specjalną farbą utwardzaną termicznie. Ten proces umożliwia zatkania przelotek o średnicach otworów 0,3÷1,0 mm.
- **Przelotki zatkane oraz zakryte maską** (ang. plugged and covered vias) – zaślepione przelotki pokrywa się dodatkowo soldermaską.
- **Przelotki zatkane oraz zakryte maską – płaskie** (ang. plugged and covered vias – flat) – przelotki charakteryzują się dużą płaskością, a stopień ich wypełnienia jest >80%. Obwody muszą być w takim przypadku złocone. Metoda pozwala zatykać otwory o maksymalnej średnicy 0,6 mm, w tym również otwory w padach, jednak farba zatykająca otwór nie jest pokrywana miedzią i pozostawia wokół otworu pierścień o szerokości 3 mils.

4. Krytyczne parametry mozaiki – parametry DRC

4.1. Minimalne odległości oraz grubości ścieżek

Na rys. 5 zaznaczone zostały typowe parametry mozaiki, które są kontrolowane dla każdego projektu pod kątem spełniania minimalnych wymagań dla danej grubości warstw miedzi.



Rys.5. Oznaczenia odległości elementów mozaiki: A – pad/pad, B – pad/ścieżka, C – ścieżka / ścieżka, D – szerokość ścieżki, E – średnica pierścienia.

Minimalne odległości pomiędzy elementami mozaiki oraz szerokości ścieżek są uzależnione od grubości miedzi. W tab. 6 przedstawiono minimalne dopuszczalne wartości DRC w funkcji grubości miedzi bazowej, czyli miedzi przed procesem metalizacji.

Tab. 6. Minimalne odległości i ścieżki dla różnych grubości miedzi.

Symbol	Grubość bazowa Cu [µm]	12	18	35	70	105	140	170	210
A	Pad/Pad [mils]	3	4	5	9	12	15	19	27
B	Pad/Ścieżka [mils]	3	4	5	9	12	15	19	27
C	Ścieżka/Ścieżka [mils]	3	4	5	9	12	15	19	27
D	Minimalna ścieżka [mils]	3	4	5	9	11	14	17	25

Zgodnie z powyższymi wytycznymi:

- dla miedzi końcowej 35 µm należy przyjąć parametry DRC jak dla miedzi 18 µm,
- dla miedzi końcowej 70 µm należy przyjąć parametry DRC jak dla miedzi 35 µm,
- dla miedzi końcowej 105 µm przyjmuje się parametry DRC jak dla miedzi 70 µm. Dla pozostałych grubości postępuje się analogicznie.

W przypadku rdzeni obwodów wielowarstwowych oraz płytek jednostronnych grubość miedzi bazowej jest taka sama jak końcowej, ponieważ nie przechodzą one procesu metalizacji. Przykładowo dla warstwy wewnętrznej o grubości miedzi 35 µm wykonujemy DRC jak dla miedzi 35 µm z tab. 6.

4.2. Minimalne pierścienie oraz odległości otworów

Zestawienie dopuszczalnych odległości pomiędzy otworami i elementami mozaiki oraz średnice minimalnych pierścieni (oznaczone jako E na rys. 4), w zależności od liczby warstw obwodów na laminacie FR4, przedstawiono w tab. 7.

Tab. 7. Minimalne pierścienie i odległości elementów mozaiki od otworów dla obwodów na laminacie FR4.

Liczba warstw obwodu	1; 2	4	6	8
Minimalny pierścień (otwory o średnicy ≤5 mm) na warstwach zewnętrznych [mils]	typ. 5 min. 4			
Minimalny pierścień (otwory o średnicy >5 mm) na warstwach zewnętrznych [mils]	10			
Pierścień na warstwach wewnętrznych [mils]	n/d	typ. 5 min. 4*	typ. 6 min. 5*	typ. 7 min. 5*
Minimalna odległość otwór / otwór [mils]	8			
Minimalna odległość otwór / pad [mils]	8	9	9	
Minimalna odległość otwór / ścieżka [mils]				

**wymagane łezki (ang. tear drops) - dodatkowy obszar miedzi na łączeniach padów ze ścieżkami*

4.3. Obwody na podłożu aluminiowym

W przypadku obwodów MCPCB na podłożu aluminiowym występują inne uwarunkowania technologiczne produkcji:

- Wykonujemy płytki tylko jednostronne bez metalizacji;
- Dopuszczalne grubości warstw miedzi: 35 µm, 70 µm, 105 µm;
- Dopuszczalna grubości laminatu: 0,8÷3,2 mm;
- Możliwe typy pokrycia: HAL bezołowiowy (zalecane), złocenie chemiczne;

Zestawienie dopuszczalnych odległości pomiędzy elementami mozaiki obwodów na laminacie z rdzeniem aluminiowym, przedstawiono w tab. 8.

Tab. 8. Minimalne parametry DRC oraz szerokość pierścienia w zależności od grubości miedzi.

	Grubość folii miedzianej [µm]		
Parametr	**35**	**70**	**105**
Minimalna odległość pad / pad, pad / ścieżka, ścieżka / ścieżka [mils]	6	9	12
Minimalna ścieżka [mils]	5	7	10
Minimalny pierścień [mils]	8		

Minimalne dopuszczalne średnice otworów jest uzależniona od grubości laminatu, co przedstawiono w tab. 9.

Tab. 9. Minimalna średnice otworów w zależności od grubości laminatu.

Grubość laminatu [mm]	**Minimalna średnica [mm]**
1,0	0,8
1,6	0,9
2,0	1,00
3,2	1,60

Obróbka mechaniczna obwodów aluminiowych, w szczególności ich frezowanie, jest jednym z najbardziej czasochłonnych i kosztotwórczych procesów ich produkcji. Jest to spowodowane przede wszystkim większą twardością laminatu. W celu obniżenia kosztów produkcji tego typu obwodów zalecamy stosowanie rylcowania do obróbki mechanicznej prostokątnych płytek / paneli.

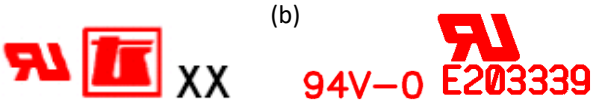
5. Znakowanie obwodów

Na życzenie Klienta możemy na produkowane obwody nanosić dodatkowe oznaczenia typu: potwierdzenie zgodności z certyfikatem UL (certyfikat bezpieczeństwa pod względem niepalności), data produkcji oraz inne. Oznaczenia wstawiamy w projekcie we wskazanych miejscach (o ile zostały określone) lub standardowo (jeśli nie zdefiniowano położenia) na opisie lub soldermasce od strony TOP, w wybranym przez nas miejscu. Dla obwodów bez maski i opisu oznaczenia zostaną umieszczone na warstwie mozaiki.

5.1. Certyfikat niepalności UL

Obwody standardowo znakowane są zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 6a, w postaci odwróconego znak UR oraz naszym logo TS. W miejscu XX mogą pojawić się następujące oznaczenia: D, D1, D2, M, M1, M2 uzależnione od typu zastosowanego laminatu. Grupa oznaczeń z literą D służy do znakowania obwodów jedno- oraz dwustronnych. Dla obwodów wielowarstwowych stosowane są oznaczenia z literą M. Cyfra (lub jej brak) oznacza konkretną grupę laminatów, które są ujęte w certyfikacie TS PCB. Możliwe jest uzupełnienie znakowania numerem naszego certyfikatu **E203339** oraz oznaczeniem klasy niepalności **UL94-V0** (rys. 6b).

(a) (b)



Rys. 6. Typowe (a) i rozszerzone (b) znakowania obwodów UL.

Rys. 7. Sposób oznaczenia daty produkcji obwodów

W ramach uzyskanej przez nas certyfikacji możemy znakować wszystkie typy wykonywanych obwodów na laminacie FR4 o następujących parametrach: TG do **150°C** oraz CTI w grupie **PLC:3**. Od niedawna możemy również certyfikować laminaty o wysokiej wartości parametru CTI równego 600V - laminaty jednostronne oraz dwustronne.

5.2. Datowanie

Datowanie polega na trwałym umieszczeniu oznaczenia daty produkcji obwodów w postaci **tydzień/rok.** Przykładowe oznaczenie obwodów wyprodukowanych w 39 tygodniu 2013 roku przedstawiono na rys. 7.

5.3. Inne oznaczenia

Poza oznakowaniami UL oraz daty produkcji oferujemy także trwałe numerowanie płytek umieszczonych w panelu oraz samych paneli. Ponadto na obwodach możemy na życzenie Klienta umieścić praktycznie dowolne oznaczenie spełniające minimalne parametry miedzi czy linii opisowych wymienionych poprzednich rozdziałach. Poniżej, w tab. 10, przedstawiono symbole, które mogą być wstawione na płytce przez Techno-Service (nie muszą być umieszczone w projekcie).

Tab. 10. Typowe dodatkowe oznaczenia obwodów drukowanych.

Typ	Logo Techno-Service	Oznaczenie RoHS	Oznaczenie PB free	Napisy
Symbol	lub	RoHS		Dowolny napis zawierający podstawowe znaki

6. Wykaz stosowanych skrótów i oznaczeń

CTI – (ang. Comparative Tracking Index) - parametr określający odporność obwodu na przebicia między ścieżkami w środowisku wilgotnym. Parametr podawany w woltach [V].

DRC – (ang. Design Rule Check) – proces sprawdzania parametrów (np. geometrii) projektu wg założonych kryteriów.

mil – jednostka miary (równa 1/1000 cala, czyli 0,0254 mm) wykorzystywana m.in. jako podstawa rastra przy projektowaniu obwodów drukowanych.

TC – (ang. Thermal Conductivity) - współczynnik określający zdolność materiału do przewodzenia ciepła. Współczynnik wyrażany jest jednostką W/mK (Wat na metr * Kelwin).

Tg – (ang. Glass Transition Temperature) – temperatura zeszklenia, czyli przejścia laminatu ze stanu szklistego (twardego), do plastycznego (miękkiego). Parametr podawany w stopniach Celsjusza [°C].