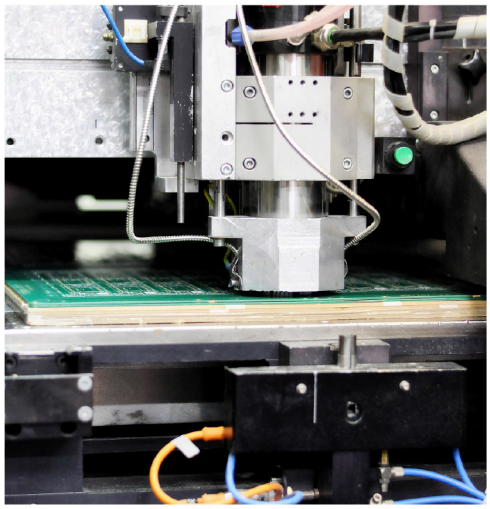
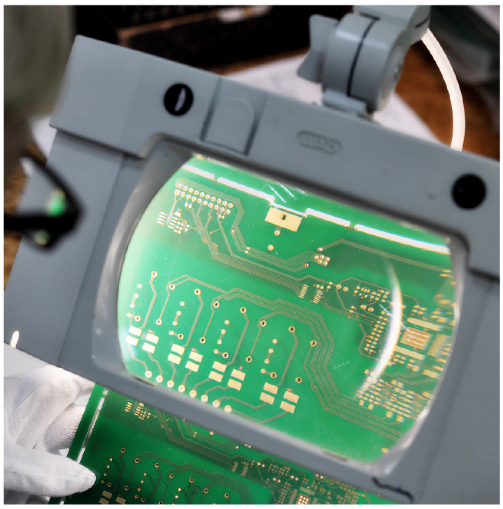
TECHNO-SERVICE S.A.

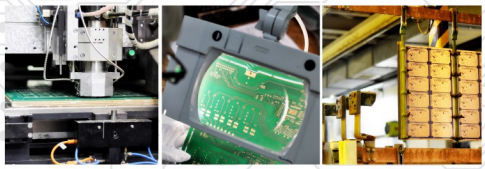




Parametry technologiczne obwodów drukowanych produkowanych w Techno-Service S.A.

Data aktualizacji: 2026-11-19

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 5
1.6. Pokrycia pól lutowniczych 6
2. Obróbka mechaniczna obwodów drukowanych 6
2.1. Wiercenie (CNC) – otworowanie 6
2.2. Frezowanie 7
2.3. Rylcowanie 7
2.4. Fazowanie 8
2.5. Frezowanie na głębokość 8
2.6. Układanie obwodów w panel 8
3. Przelotki 9
3.1. Typy przelotek 9
3.2. Wykończenie przelotek 9
4. Krytyczne parametry mozaiki – parametry DRC 10
4.1. Minimalne odległości oraz grubości ścieżek 10
4.2. Minimalne pierścienie oraz odległości otworów 10
4.3. Obwody na podłożu aluminiowym 11
5. Znakowanie obwodów 11
5.1. Certyfikat niepalności UL 11
5.2. Datowanie 12
5.3. Inne oznaczenia 12
6. Wykaz stosowanych skrótów i oznaczeń 12




TECHNO-SERVICE S.A.

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 / niemetalizowane), mikrofalowych Rogers (otwory metalizowane / niemetalizowane – zależy od typu laminatu);
- wielowarstwowe do 12 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]: **0,20; 0,36; 0,51; 0,60; 0,71; 0,80; 1,00; 1,20; 1,55; 2,00; 2,40; 3,20**.

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

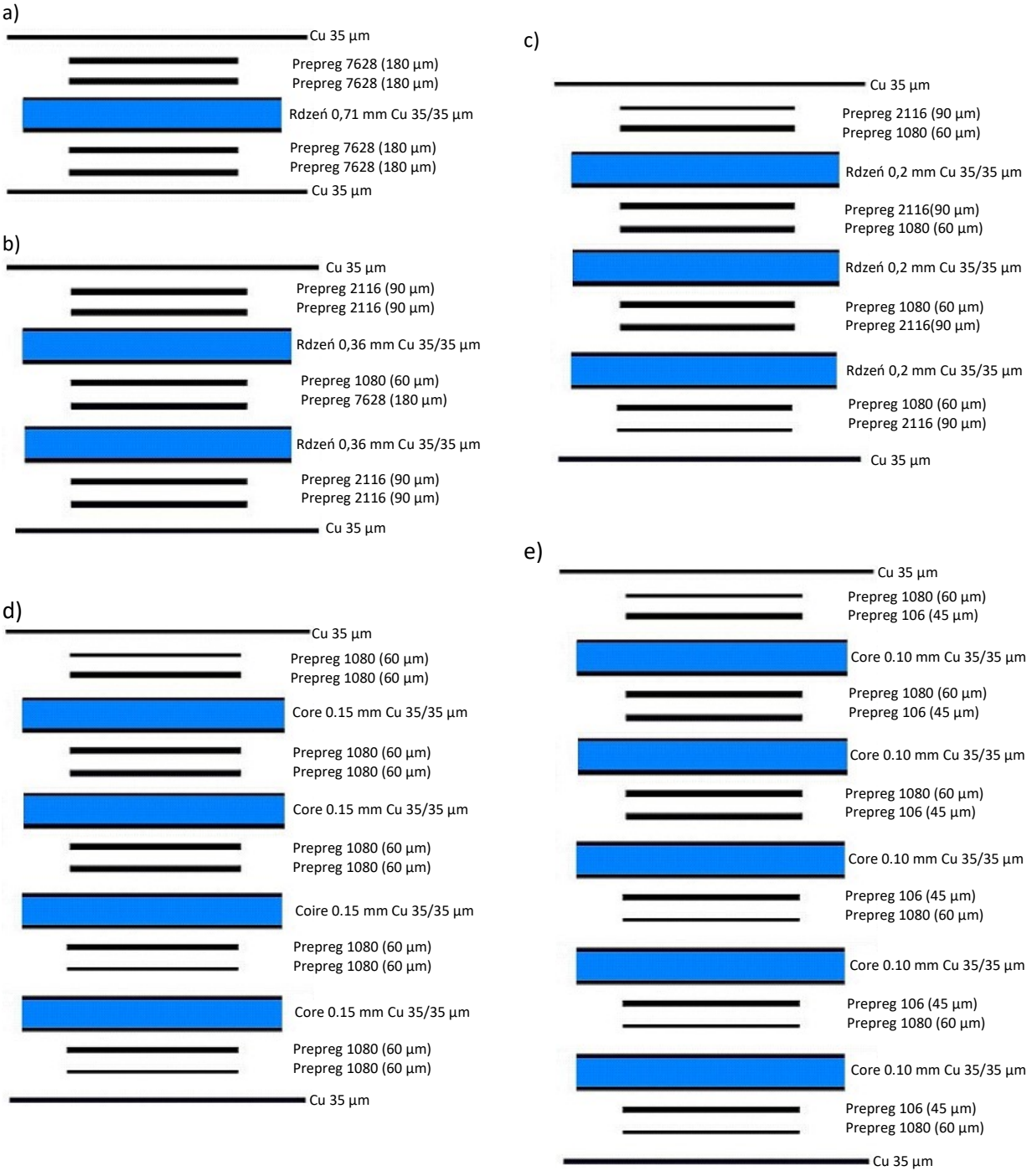
Materiały wykorzystywane do produkcji obwodów wielowarstwowych przedstawiono w tab. 3. Typowa wartość parametru Tg wynosi **130°C**, a CTI do **249 V**. Oferujemy również laminaty o wyższych wartościach tych parametrów.

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 – 0,12 mm.
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]: 12; 18; 35; 70; 105; 140; 170; 210; 240.



Rys. 1. Standardowe budowy obwodów 4- (a), 6- (b), 8- (c), 10- (d) oraz 12-warstwowych (e).

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 głównie na materiałach firmy **Peters** z serii **SD24XX**. Poniżej przedstawiono oferowane kolory masek oraz ich stopień połysku:

- zielony – maska półmatowa,
- biały – maska błyszcząca (Taiyo PSR-4000 LEW-1),
- niebieski – maska półmatowa,
- czerwony – maska półmatowa.
- czarny – półmatowa lub matowa,
- żółty – maska półmatowa.

Maska zrywalna

Wykorzystujemy maskę **Peters SD955**, którą zakrywamy otwory 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** oraz farbę **Tayio IJR-4000 LW100** dla opis białego nakładanego za pomocą drukarki do opisu. 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 antylutowniczą.

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: 0,05 µm – 0,12 µm warstwa niklu: 3,0 µm – 7,0 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 mniej niż 11 ,8 mils, – grubość laminatu wynosi ≥ 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

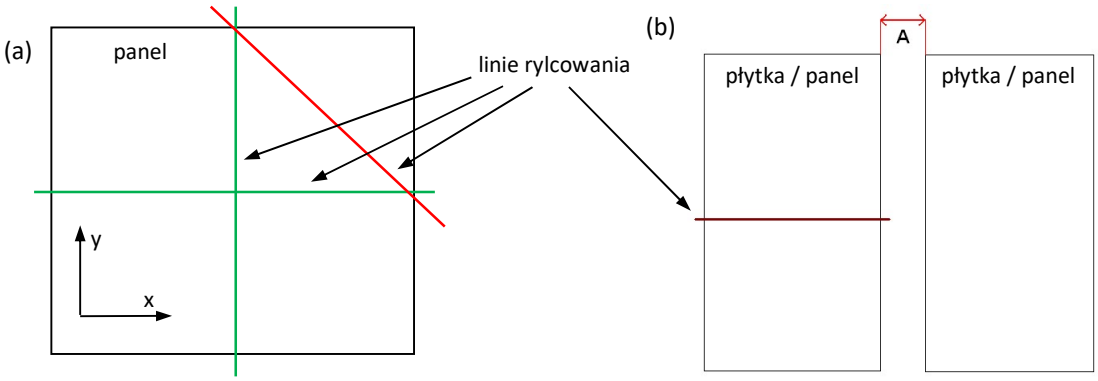
Frezowanie (ang. routing, milling) stosowane jest do obróbki mechanicznej krawędzi płytek/paneli, frezowania szczelin/wcięć oraz do wykonywania dużych otworów (>6 mm), a także frezowania paneli z zastosowaniem mostków. Podstawowe parametry frezowania są następujące:

– 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 +/- 0,05 mm - 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 depenalizację 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.

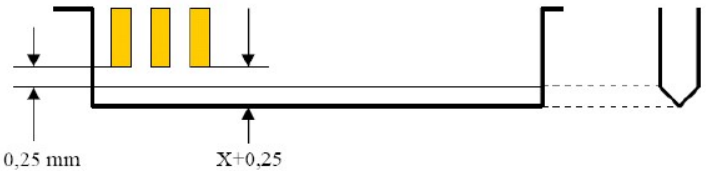
Grubość laminatu FR4 [mm]	0,55	0,80	1,00	1,20	1,55	2,00	2,40
Minimalna odległość [mm]	0,15	0,21	0,26	0,31	0,4	0,52	0,62

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.

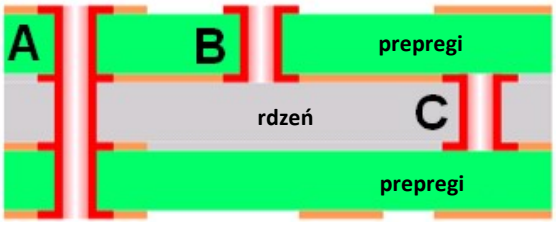
W panelach wykonujemy także płytki w przypadku, gdy jeden z boków obwodu drukowanego jest krótszy od **30 mm**. Dla takich płytek panel układamy samodzielnie, o ile nie otrzymamy spanelizowanego projektu obwodu.
W zależności od obróbki mechanicznej wyróżnia się następujące typy paneli:

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

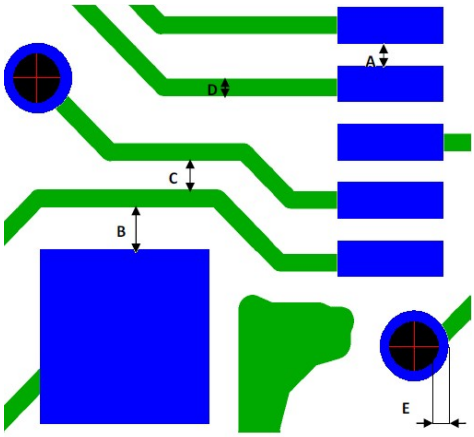
W obwodach drukowanych spotyka się następujące warianty wykonania przelotek:

- **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 oraz zakryte maską** (ang. plugged and covered vias) – zaślepione przelotki pokrywa się dodatkowo soldermaską. Metoda pozwala zatykać otwory o maksymalnej średnicy 0,6 mm.
- **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 dla warstw zewnętrznych w funkcji grubości miedzi bazowej, czyli miedzi przed procesem metalizacji.

Tab. 6. Minimalne odległości i ścieżki dla różnych grubości miedzi – warstwy zewnętrzne.

Symbol	Grubość bazowa Cu [µm]	12	18	35	70	105	140	170	210
A	**Pad/Pad [mils]**	3	4	5	8	11	15	19	27
B	**Pad/Ścieżka [mils]**	3	4	5	8	11	15	19	27
C	**Ścieżka/Ścieżka [mils]**	3	4	5	8	11	15	19	27
D	**Minimalna ścieżka [mils]**	3	4	5	8	10	14	17	25

Zgodnie z powyższymi wytycznymi:

- dla miedzi końcowej 35 µm należy przyjąć parametry DRC jak dla miedzi 12 µm lub 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. Parametry DRC dla obwodów wielowarstwowych przedstawione zostały w tab. 7.

Tab. 7. Minimalne odległości i ścieżki dla różnych grubości miedzi – warstwy wewnętrzne.

Symbol	Grubość bazowa Cu [µm]	12	18	35	70	105	140	170	210
A	**Pad/Pad [mils]**	3	3,5	4	7	10	15	19	27
B	**Pad/Ścieżka [mils]**	3	3,5	4	7	10	15	19	27
C	**Ścieżka/Ścieżka [mils]**	3	3,5	4	7	10	15	19	27
D	**Minimalna ścieżka [mils]**	3	4	4	7	10	14	17	25

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. 8.

Tab. 8. Minimalne pierścienie i odległości elementów mozaiki od otworów dla obwodów na laminacie FR4.

Liczba warstw obwodu	1; 2	4	6	8 - 12
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. 9.

Tab. 9. 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. 10.

Tab. 10. 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.

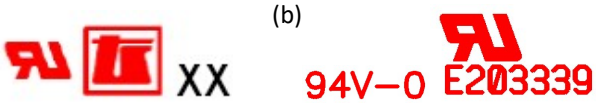
5. Znakowanie obwodów

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. 11, przedstawiono symbole, które mogą być wstawione na płytce przez Techno-Service (nie muszą być umieszczone w projekcie).

Tab. 11. 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].