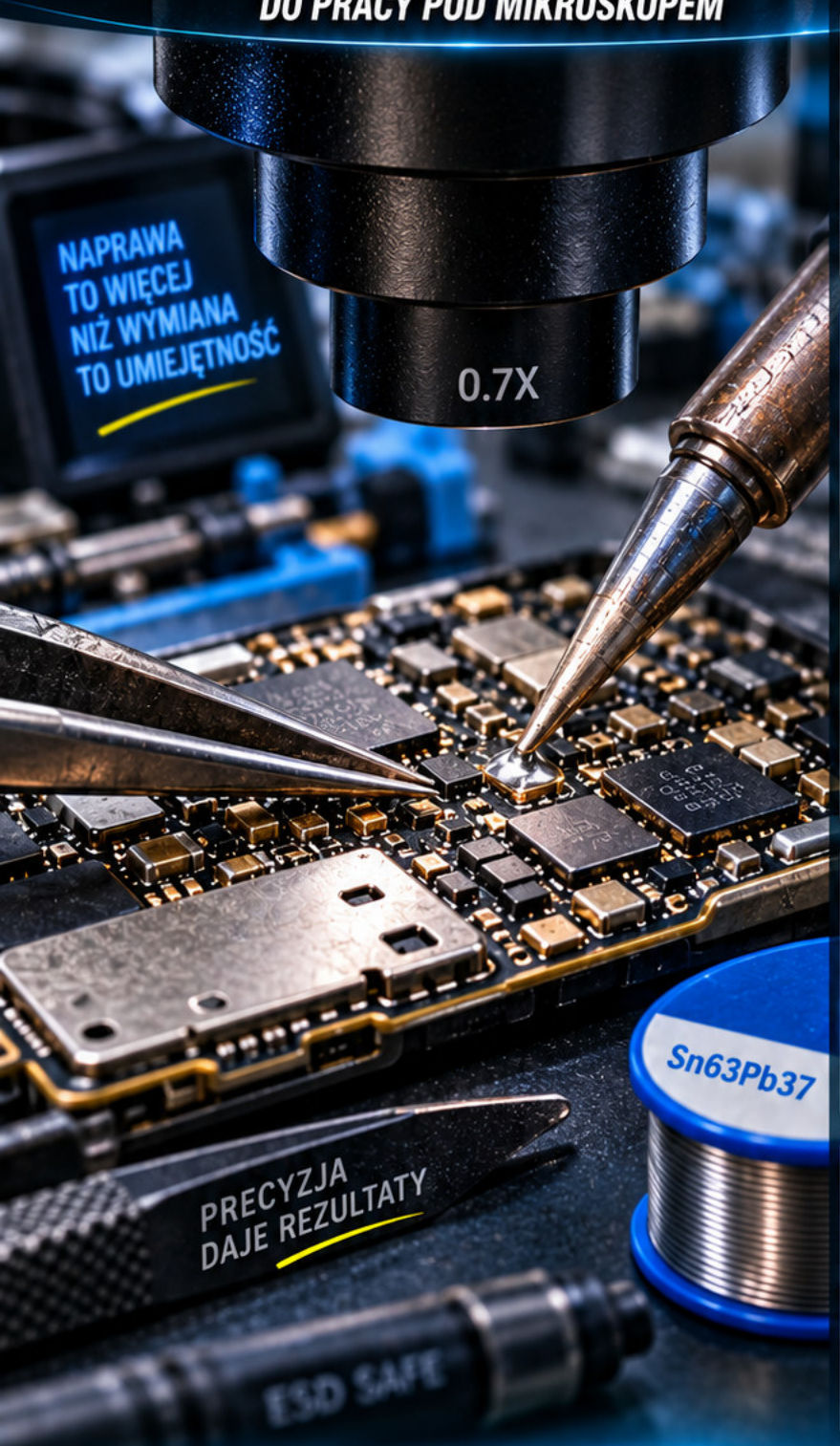
Wizualny Atlas Mikrolutowania Płyt Głównych Telefonów

WIEDZA
PRAKTYKA
LEPSZE
NAPRAWY

Małe elementy Wielkie możliwości

PRAKTYCZNE PROCEDURY, TECHNIKI I DECYZJE SERWISOWE DO PRACY POD MIKROSKOPEM













UCZ SIĘ | ĆWICZ | WYKONUJ NAPRAWY PEWNIEJ

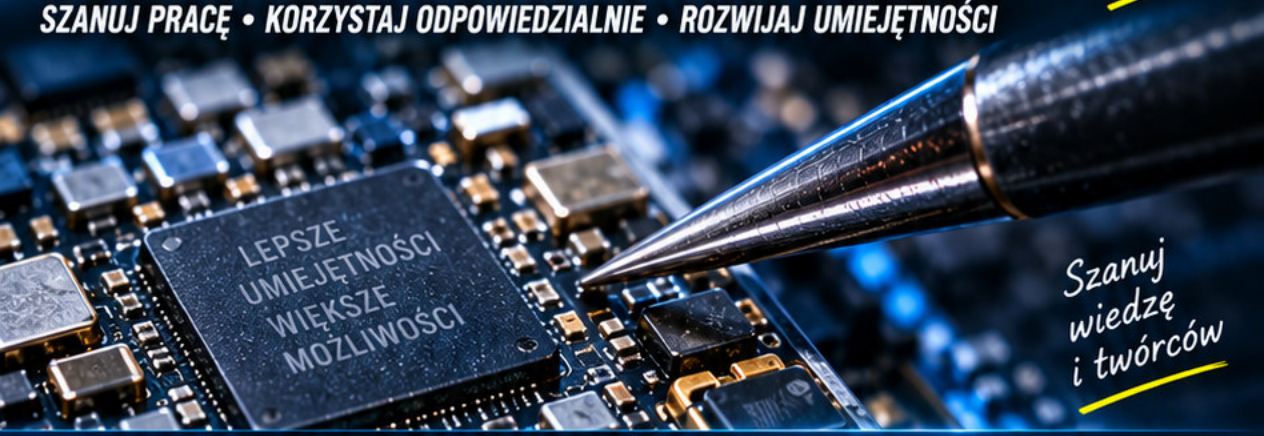
PRAWA AUTORSKIE I ZASADY UŻYTKOWANIA

WIEDZA
PRAKTYKA
LEPSZE
NAPRAWY

Wizualny Atlas Mikrolutowania Płyt Głównych Telefonów

Wiedza ma wartość

SZANUJ PRACĘ • KORZYSTAJ ODPOWIEDZIALNIE • ROZWIJAJ UMIEJĘTNOŚCI



OCHRONA PRAWNA

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Niniejsza publikacja, Wizualny Atlas Mikrolutowania Płyt Głównych Telefonów, jest chroniona prawem autorskim. Żadna część tej publikacji nie może być kopiowana, rozpowszechniana ani odsprzedawana bez uprzedniej zgody właściciela praw.

CEL MATERIAŁU

Materiał ma charakter edukacyjny.

Publikacja została przygotowana w celu przekazania wiedzy technicznej, rozwijania umiejętności praktycznych oraz wspierania nauki mikrolutowania i serwisowania urządzeń mobilnych.

UCZ SIĘ
ĆWICZ
ROZWIJAJ

OGRANICZENIE ODPOWIEDZIALNOŚCI

To narzędzie do nauki, nie zastępuje profesjonalnej diagnozy.

Zawarte w publikacji procedury, wskazówki i informacje mają charakter poglądowy i wspierają naukę oraz praktykę. Nie zastępują samodzielnej, fachowej diagnozy ani doświadczenia serwisowego.

Autor nie ponosi odpowiedzialności za jakiekolwiek szkody wynikłe z niewłaściwego zastosowania przedstawionych procedur i informacji.

DZIAŁAJ ODPOWIEDZIALNIE

DOZWOLONE UŻYTKOWANIE

Do użytku własnego.

Z publikacji można korzystać wyłącznie na własny użytek, w celach edukacyjnych i niekomercyjnych. Nie wolno jej udostępniać osobom trzecim, zamieszczać w internecie, sprzedawać ani wykorzystywać w celach komercyjnych bez pisemnej zgody właściciela praw.

FAIR PLAY
W SPOŁECZNOŚCI
SERWISOWEJ

SZACUNEK I WSPARCIE

Dziękujemy, że szanujesz naszą pracę.

Korzystając z tej publikacji, wspierasz dalszy rozwój projektu Wizualny Atlas Mikrolutowania Płyt Głównych Telefonów i tworzysz z nami społeczność, która ceni wiedzę, praktykę i uczciwe zasady.

Razem tworzymy lepsze możliwości

Spis treści

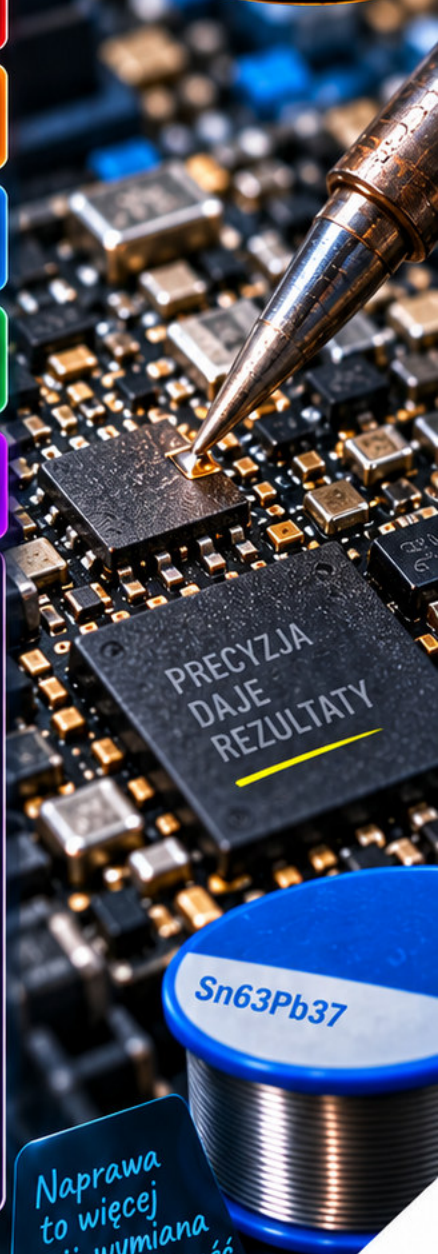
WIEDZA
PRAKTYKA
LEPSZE
NAPRAWY

PRAKTYCZNA WIEDZA. KONKRETNE PROCEDURY. PEWNE NAPRAWY.

00	Okładka	str. 1
01	Prawa autorskie	str. 2
02	Spis treści	str. 3
03	Wprowadzenie	str. 4
Moduł 1	Przygotowanie, narzędzia i kontrola mikrolutowania	04 – 20
Moduł 2	Podstawowe techniki lutowania i rozlutowywania	21 – 37
Moduł 3	Demontaż i wymiana elementów płyty	38 – 56
Moduł 4	Odbudowa padów, ścieżek i zworek	57 – 73
Moduł 5	BGA, reballing + biblioteka procedur na stanowisko	74 – 187
5.1	BGA i reballing	75 – 87
5.2	Sytuacje i diagnostyka	88 – 102
5.3	Narzędzia	103 – 112
5.4	Materiały	113 – 122
5.5	Przygotowanie	123 – 137
5.6	Wykonanie	138 – 157
5.7	Zakończenie	158 – 167
5.8	Punkty uwagi	168 – 177
5.9	Inspekcja pod mikroskopem	178 – 182
5.10	Porównania błędnie × wzorzec	183 – 187

Małe elementy Wielkie możliwości





Naprawa to więcej niż wymiana to umiejętność

Wprowadzenie

WIEDZA
PRAKTYKA
LEPSZE
NAPRAWY

TWÓJ PRAKTYCZNY PRZEWODNIK W ŚWIECIE MIKROLUTOWANIA

WIEDZA • PRAKTYKA • LEPSZE NAPRAWY

Teoria w praktyce daje realne rezultaty

Ten atlas to **praktyczne wsparcie** w codziennej pracy serwisowej. Znajdziesz tu sprawdzone procedury, zdjęcia rzeczywistych przypadków i jasne decyzje serwisowe, które pomogą Ci naprawiać szybciej, pewniej i skuteczniej.

POZNAJ PODSTAWY
Zacznij od zrozumienia kluczowych zagadnień.

KORZYSTAJ Z PROCEDUR
Sięgaj do opisów, gdy planujesz lub wykonujesz naprawę.

PRZEGLĄDAJ DECYZJE PRZY STANOWISKU
Weryfikuj, porównuj i dobieraj właściwe rozwiązania.

UŻYWAJ BIBLIOTEKI WIZUALNEJ
Oglądaj zdjęcia, porównuj z własnym przypadkiem i rozpoznawaj szczegóły.



Kluczem do sukcesu jest **powtarzanie, uważna obserwacja pod mikroskopem, kontrola temperatury** oraz podejmowanie **decyzji w oparciu o fakty**, a nie domysły. Ten atlas nie jest do zapamiętania, ale do **zrozumienia i poprawnego powtarzania** w praktyce.

JAK KORZYSTAĆ Z ATLASU

CZTERY KROKI DO LEPSZYCH NAPRAW

1 POZNAJ PODSTAWY



Zrozum działanie komponentów, materiały, narzędzia i podstawowe zjawiska, takie jak przewodzenie ciepła i zwilżalność.

SOLIDNE PODSTAWY TO MNIEJ BŁĘDÓW

2 OBSERWUJ POD MIKROSKOPEM



Analizuj kształty, strukturę lutu, połączenia, pęknięcia i zanieczyszczenia. Uważna obserwacja pozwala dostrzec to, czego nie widać gołym okiem.

WIDZISZ WIĘCEJ – PODEJMUJESZ LEPSZE DECYZJE

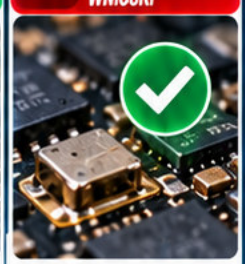
3 WYKONUJ PROCEDURY KROK PO KROKU



Stosuj opisane techniki, dobieraj odpowiednie groty, topnik, pastę i ustawienia temperatury. Działaj spokojnie, metodycznie i zgodnie z procedurami.

KROK PO KROKU DO PEWNYCH REZULTATÓW

4 SPRAWDZAJ WYNIK I WYCIĄGAJ WNIOSKI



Oceń jakość połączeń, skontroluj pod mikroskopem, przetestuj działanie. Analizuj co poszło dobrze, a co można zrobić lepiej. Każda naprawa to lekcja na przyszłość.

ANALIZA BUDUJE TWOJE DOŚWIADCZENIE

CZEGO SIĘ NAUCZYSZ

SMD
Identyfikacja i lutowanie

BGA
Diagnostyka, podgrzewanie i montaż

PADY I ŚCIEŻKI
Ocena uszkodzeń i odbudowa

KONTROLA TEMPERATURY
Dopasowanie procesu do rezultatu

DIAGNOSTYKA I DECYZJE SERWISOWE
Na podstawie dowodów, nie domysłów

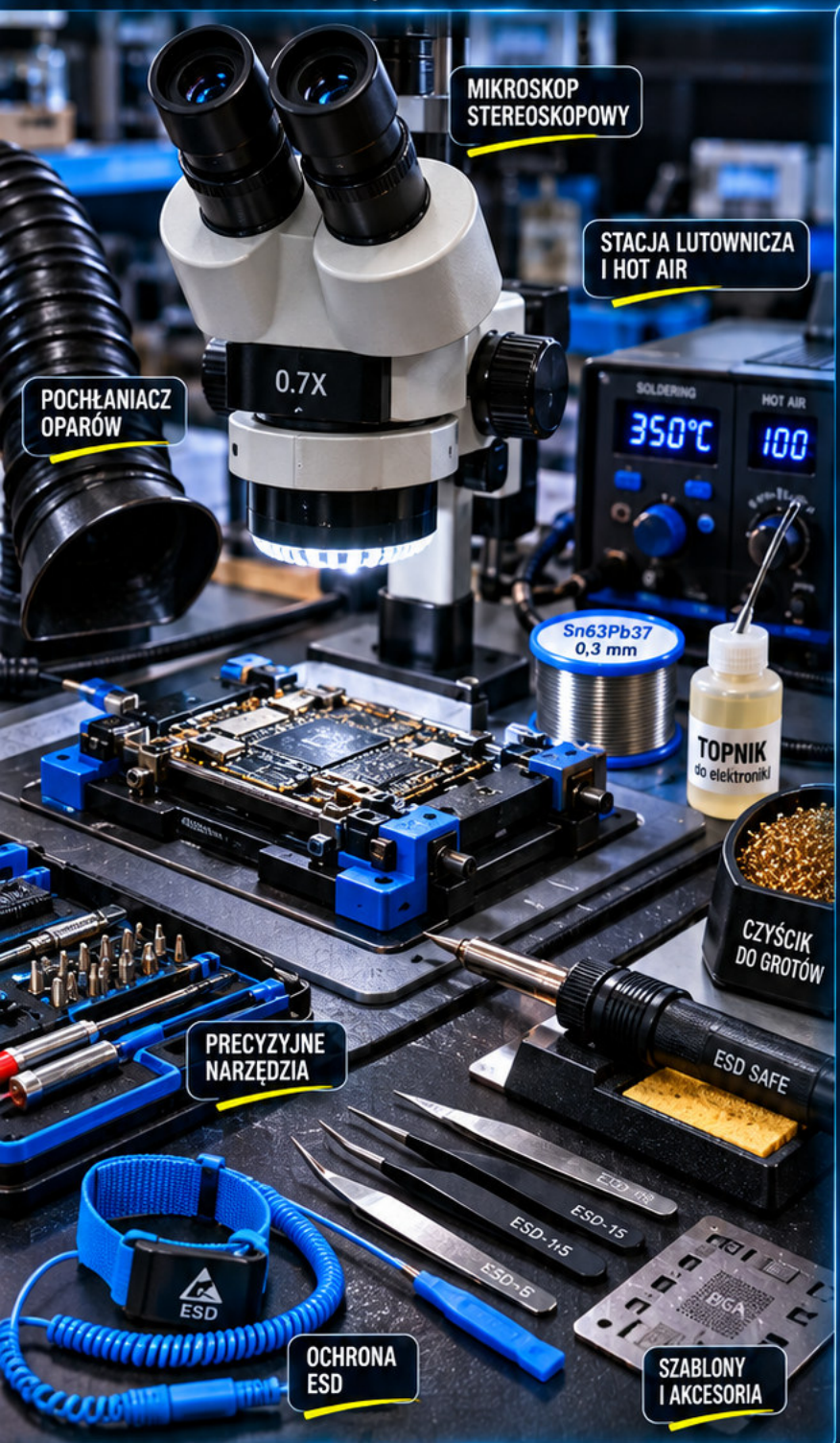
SZERSZA WIEDZA WIĘKSZE MOŻLIWOŚCI

Moduł 1 –
Przygotowanie, narzędzia i kontrola mikrolutowania

WIEDZA
PRAKTYKA
LEPSZE
NAPRAWY

Dobre przygotowanie to połowa sukcesu

PRZYGOTUJ STANOWISKO, DOBIERZ NARZĘDZIA I PRZEJMIJ KONTROLĘ ZANIM PRZYŁOŻYSZ CIEPŁO



CEL MODUŁU

Ten moduł pomoże Ci przygotować stanowisko, dobrać odpowiednie narzędzia i materiały, zrozumieć kontrolę temperatury i przepływu powietrza oraz uniknąć najczęstszych błędów na początku pracy.

W TYM MODUŁE OMÓWIMY:

- Stanowisko pracy
- Narzędzia
- Lutownica i hot air
- Mikroskop
- Materiały (luty, topniki, plecionki)
- Groty lutownicze
- Temperatura (ustawienia i kontrola)
- Przepływ powietrza (w hot air)
- Ochrona termiczna (elementów i okolic)
- Czyszczenie
- ESD (ochrona przed wyładowaniami)
- Lista kontrolna (przed rozpoczęciem pracy)

ZACZYNAMY OD PODSTAW,
KTÓRE DECYDUJĄ O JAKOŚCI KAŻDEJ NAPRAWY.

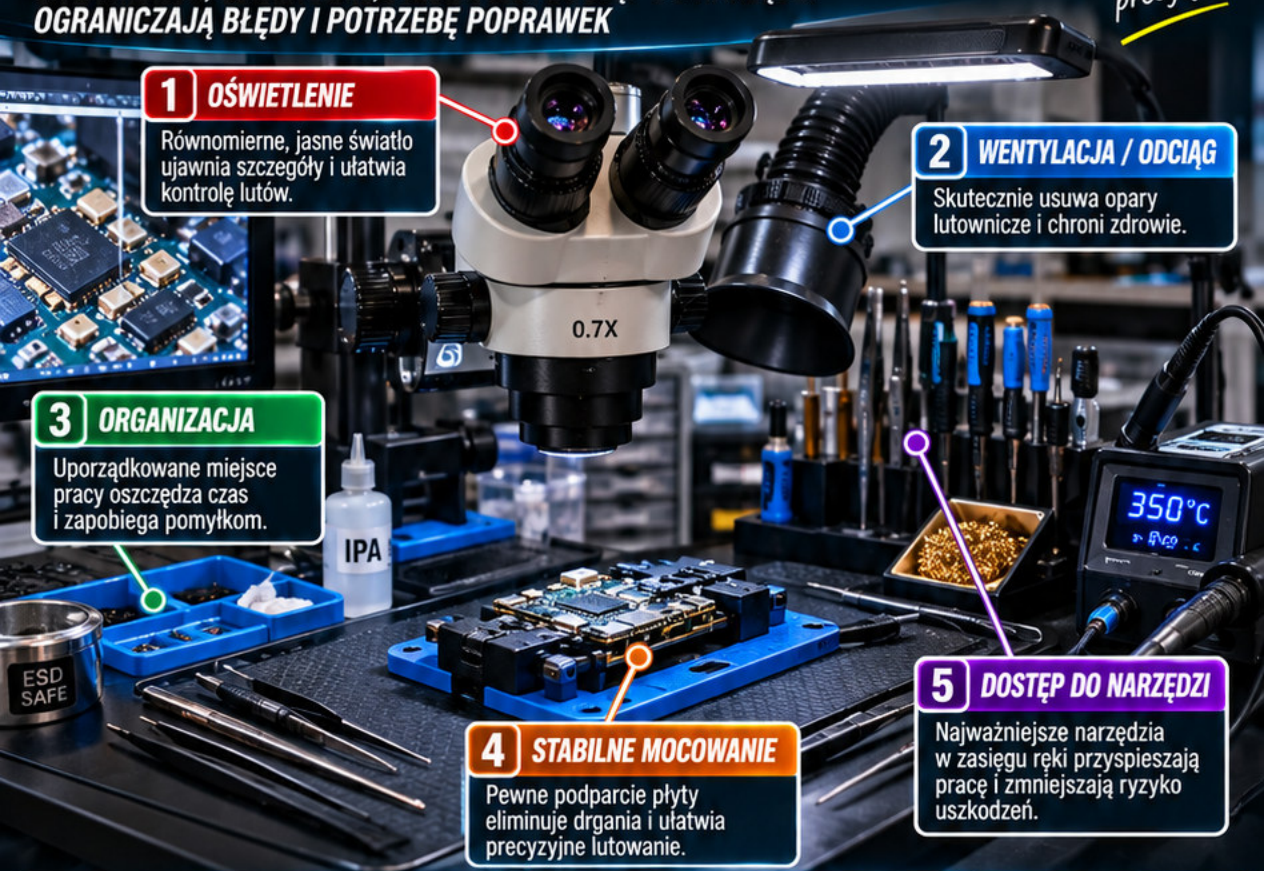
Idealne stanowisko do mikrolutowania

WIEDZA
PRAKTYKA
LEPSZE
NAPRAWY

DOBRY REZULTAT ZACZYNA SIĘ ZANIM PRZYŁOŻYSZ CIEPŁO

Dobrze zorganizowane stanowisko to większa precyzja

ORGANIZACJA, OŚWIETLENIE, STABILNOŚĆ I DOSTĘP DO NARZĘDZI OGRANICZAJĄ BŁĘDY I POTRZEBĘ POPRAWEK



1 OŚWIETLENIE
Równomierne, jasne światło ujawnia szczegóły i ułatwia kontrolę lutów.

2 WENTYLACJA / ODCIĄG
Skutecznie usuwa opary lutownicze i chroni zdrowie.

3 ORGANIZACJA
Uporządkowane miejsce pracy oszczędza czas i zapobiega pomyłkom.

4 STABILNE MOCOWANIE
Pewne podparcie płyty eliminuje drgania i ułatwia precyzyjne lutowanie.

5 DOSTĘP DO NARZĘDZI
Najważniejsze narzędzia w zasięgu ręki przyspieszają pracę i zmniejszają ryzyko uszkodzeń.

MUSI BYĆ

STABILNOŚĆ
Stół i mikroskop bez drgań. Solidne mocowanie płyty i wygodna pozycja pracy.

ŚWIATŁO
Jasne, równomierne oświetlenie bez cieni. Dobrze widoczne detale i powierzchnia lutów.

PORZĄDEK
Uporządkowane narzędzia, komponenty i materiały. Każdy element ma swoje miejsce.

DOSTĘPNOŚĆ NARZĘDZI
Lutownica, topnik, plecionka, pęsety i akcesoria w zasięgu ręki. Brak zbędnych ruchów.

WENTYLACJA / ODCIĄG
Usuwanie oparów lutowniczych. Czystsze powietrze i większy komfort pracy.

PEWNE PODPARCIE PŁYTY
Uchwyty, imadła lub dedykowane podstawki. Płyta nie przesuwa się podczas lutowania.

BŁĘDY POCZĄTKUJĄCYCH



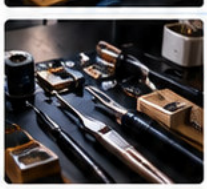
Praca w bałaganie
Większe ryzyko pomyłek i zgubienia drobnych elementów.



Niestabilna płyta
Drgania utrudniają precyzyjne lutowanie i powodują zimne luty.



Słabe oświetlenie
Łatwo przeoczyć uszkodzenia i niedoluty. Większe zmęczenie wzroku.



Brak miejsca na ruch narzędzi
Ryzyko zahaczenia o elementy, przypadkowych uszkodzeń i mniej precyzyjna praca.

SZYBKA CHECKLISTA

- [x] Stanowisko czyste i uporządkowane.
- [x] Dobre oświetlenie bez cieni.
- [x] Sprawny odciąg oparów.
- [x] Płyta stabilnie zamocowana.
- [x] Wszystkie narzędzia i materiały w zasięgu.
- [x] Wygodna, ergonomiczna pozycja pracy.
- [x] Wolna przestrzeń na ruch narzędzi.
- [x] Gotowość do pracy i kontrola bezpieczeństwa (ESD).

WNIOSEK

NIEPORZĄDEK ZWIĘKSZA RYZYKO BŁĘDÓW I OBNIŻA PRECYZJĘ NAPRAWY.

Lepsza organizacja = lepsze rezultaty

Niezbędne narzędzia serwisanta

MINIMALNY ZESTAW, ABY ZACZĄĆ POPRAWNIE

WIEDZA
PRAKTYKA
LEPSZE
NAPRAWY

Dobre narzędzia to lepsze rezultaty

NIEZBĘDNE

PODSTAWOWY ZESTAW KAŻDEGO SERWISANTA
UMOŻLIWIA BEZPIECZNĄ I SKUTECZNĄ NAPRAWĘ

1 LUTOWNICA



Do lutowania drobnych elementów i poprawek.

2 STACJA HOT AIR



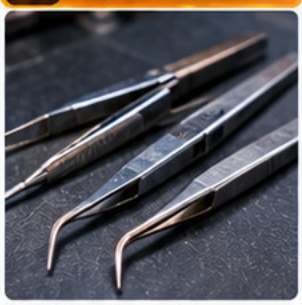
Do wylutowywania i lutowania większych elementów (SMD, BGA).

3 MIKROSKOP



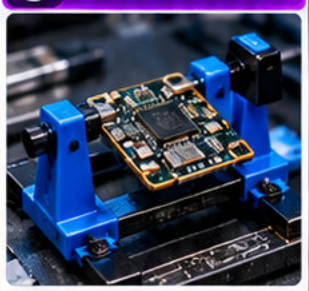
Do precyzyjnej obserwacji i kontroli miejsc lutowania.

4 PĘSETY



Do chwytania i precyzyjnego pozycjonowania elementów.

5 UCHWYT DO PŁYTY



Stabilizuje płytę podczas pracy i ułatwia precyzyjne lutowanie.

6 TOPNIK



Ułatwia lutowanie, poprawia zwilżalność i chroni przed utlenianiem.

7 LUT



Stop lutowniczy do tworzenia trwałych i niezawodnych połączeń.

8 PASTA LUTOWNICZA



Do montażu i lutowania elementów SMD, zwłaszcza pod układami BGA.

POMOCNICZE

NIE SĄ OBOWIĄZKOWE NA START,
ALE ZNACZNIE UŁATWIAJĄ PRACĘ

9 PLECIONKA ROZLUTOWUJĄCA



Do usuwania nadmiaru cyny i korekty mostków.

10 ŚRODKI CZYSZCZĄCE I SZCZOTECZKA



Do usuwania topnika, przygotowania powierzchni i utrzymania czystości.

OD CZEGO ZACZĄĆ?

> Ważniejsze od posiadania wielu urządzeń jest **umiejętność ich właściwego użycia.**
>
> Lepiej dobrze znać podstawy, niż mieć drogi sprzęt i nie umieć go wykorzystać.

SUGEROWANA KOLEJNOŚĆ ZAKUPU DLA POCZĄTKUJĄCEGO:

1. Lutownica
2. Mikroskop
3. Topnik, lut, pasta lutownicza
4. Pęsety
5. Uchwyt do płyty
6. Stacja hot air
7. Plecionka rozlutowująca
8. Środki czyszczące i szczoteczka

Rozwijaj się krok po kroku

UCZ SIĘ | ĆWICZ | WYKONUJ NAPRAWY PEWNIEJ

Lutownica i stacja hot air — kiedy używać której?

WIEDZA PRAKTYKA LEPSZE NAPRAWY

DWA ŹRÓDŁA CIEPŁA — RÓŻNE ZASTOSOWANIA, LEPSZE REZULTATY

Wybierz odpowiednie narzędzie do zadania



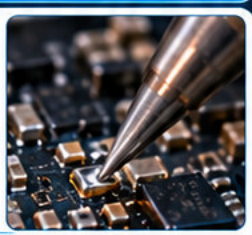


LUTOWNICA

BEZPOŚREDNI KONTAKT. MAKSYMALNA PRECYZJA.

ZASTOSOWANIE

Miejscowe lutowanie, naprawa pojedynczych padów, przewodów i małych komponentów. Idealna do precyzyjnych prac.



ZALETY

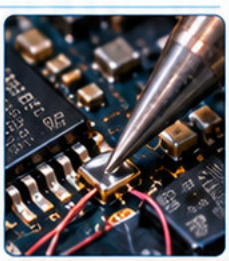
- Precyzja i pełna kontrola.
- Bezpośredni kontakt z elementem.
- Idealna do małych obszarów.
- Umożliwia punktowe dodawanie i usuwanie cyny.

RYZYKO

- Zbyt długie grzanie może uszkodzić pad lub element.
- Przegrzanie lokalne.
- Mniejsza skuteczność przy dużych, masywnych elementach.

PRZYKŁADY UŻYCIA

- Lutowanie urwanych padów.
- Naprawa złącz i małych układów.
- Mocowanie przewodów (jumpers).
- Precyzyjne poprawki po demontażu.



HOT AIR

NAGRZEWANIE BEZKONTAKTOWE. KONTROLOWANY STRUMIEŃ GORĄCEGO POWIETRZA.

ZASTOSOWANIE

Bezkontaktowe nagrzewanie szerszego obszaru. Używana do usuwania i montażu układów SMD, np. BGA, złącz, osłon, układów scalonych.



ZALETY

- Równomierne nagrzewanie większego obszaru.
- Brak bezpośredniego kontaktu z elementem.
- Ułatwia demontaż i montaż wielu typów komponentów.
- Idealna do układów BGA i elementów z wieloma padami.

RYZYKO

- Może uszkodzić sąsiednie elementy przez nadmierne rozgrzanie.
- Wymaga odpowiedniej temperatury, dyszy i przepływu.
- Nie nadaje się do bardzo małych, pojedynczych padów – brak precyzji.

PRZYKŁADY UŻYCIA

- Demontaż i montaż układów BGA.
- Wymiana złącz (np. USB, FPC).
- Usuwanie osłon EMI.
- Rozlutowywanie elementów wielopinowych.



UWAGA

NIEWŁAŚCIWE NARZĘDZIE ZWIĘKSZA RYZYKO USZKODZENIA PŁYTY, KOMPONENTÓW I PADÓW.



ZŁY WYBÓR MOŻE ZAKOŃCZYĆ SIĘ TRWAŁYM USZKODZENIEM.

NIE ZASTĘPUJĄ SIĘ W KAŻDEJ SYTUACJI.

Lutownica i hot air to narzędzia uzupełniające się. Wybieraj je świadomie w zależności od zadania, typu komponentu i oczekiwanego efektu.

Dwie techniki — jeden cel: skuteczna naprawa

MIKROSKOP, PĘSETY I UCHWYTY — KONTROLA RUCHU I OBSERWACJI

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

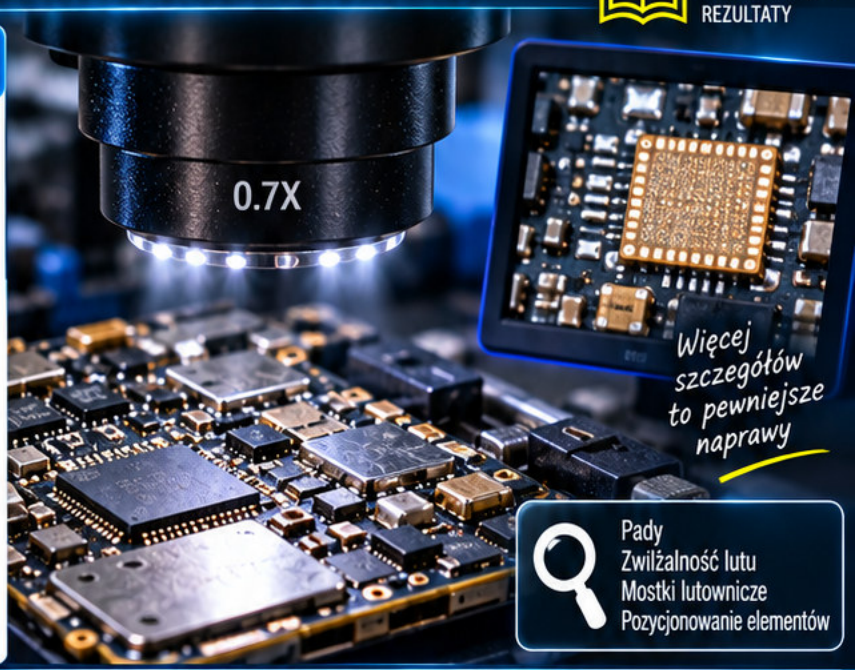
TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

1 MIKROSKOP

FUNKCJA
Pozwala ocenić stan padów, zwilżalność lutu, mostki lutownicze i prawidłowe pozycjonowanie elementów.

BŁĄD CZĘSTY
Zbyt małe powiększenie, słabe oświetlenie lub praca bez mikroskopu – przez co łatwo przeoczyć mostki, uszkodzone pady i pęknięcia.

PRAKTYCZNA WSKAZÓWKA
Używaj odpowiedniego powiększenia (10–50×) i równomiernego oświetlenia. Sprawdź obszar z różnych kątów przed i po lutowaniu.



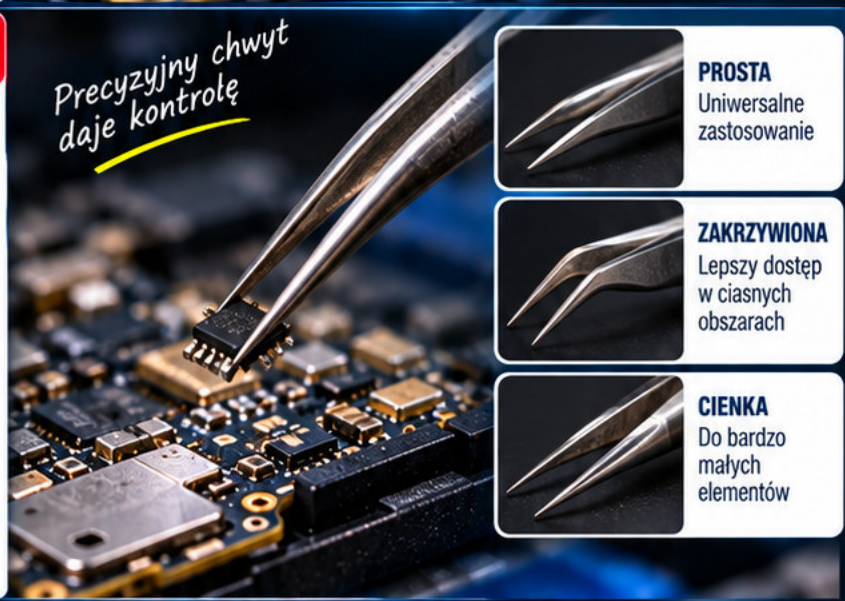
Pady
Zwilżalność lutu
Mostki lutownicze
Pozycjonowanie elementów

2 PĘSETY

FUNKCJA
Umożliwiają precyzyjne pozycjonowanie i manipulację elementami SMD. Pomagają pewnie trzymać nawet bardzo małe komponenty.

BŁĄD CZĘSTY
Używanie nieodpowiedniego typu pęsety, zbyt mocny nacisk lub chwytanie elementu za krawędzie lutownicze.

PRAKTYCZNA WSKAZÓWKA
Dobierz kształt końcówek do zadania (proste, zakrzywione, cienkie). Chwytaj elementy za boki, pracuj stabilnie i unikaj nadmiernej siły.



PROSTA
Uniwersalne zastosowanie

ZAKRZYWIONA
Lepszy dostęp w ciasnych obszarach

CIENKA
Do bardzo małych elementów

3 UCHWYTY

FUNKCJA
Stabilizują płytę główną, umożliwiają kontrolowany ruch i wygodny dostęp do obszaru naprawy.

BŁĄD CZĘSTY
Praca bez uchwytu lub niestabilne mocowanie – płyta się przesuwa, co utrudnia precyzję i zwiększa ryzyko uszkodzeń.

PRAKTYCZNA WSKAZÓWKA
Używaj solidnego uchwytu dopasowanego do płyty. Ustaw dogodny kąt i upewnij się, że płyta jest pewnie zamocowana przed rozpoczęciem pracy.



PEWNE MOCOWANIE
Brak przesuwania płyty podczas pracy

KONTROLOWANY RUCH
Łatwy dostęp do każdego obszaru

KOMPATYBILNOŚĆ
Uchwyty do różnych modeli płyt głównych

PEWNA RĘKA TO WYNIK STABILNEGO PODPARCIA I DOBREJ WIZUALIZACJI.

Dobre widzenie, stabilna pozycja i precyzyjne narzędzia dają kontrolę, bezpieczeństwo i lepsze rezultaty.

Lut, topnik, pasta i plecionka — funkcje podstawowych materiałów

DOBIERZ ODPOWIEDNI MATERIAŁ DO ZADANIA I PRACUJ PEWNIEJ

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 LUT



FUNKCJA
Tworzy połączenie elektryczne i mechaniczne między padami i komponentami.

KIEDY UŻYWAĆ
Do lutowania przewodów, komponentów SMD i przy naprawach połączeń na płycie.

W PRAKTYCE
Używaj odpowiedniej średnicy (np. 0,3 mm). Podawaj lut w miejsce łączenia, nie na grot. Lut powinien równomiernie rozpłynąć się i utworzyć gładką, błyszczącą spoinę.

UWAGA
Nadmiar lutu może tworzyć mostki, zwarcia i zasłaniać sąsiednie elementy. Używaj minimalnej ilości potrzebnej do poprawnej spoiny.

2 TOPNIK



FUNKCJA
Usuwa tlenki, wspomaga zwilżanie, ułatwia rozpływ lutu i zapobiega ponownemu utlenianiu podczas lutowania.

KIEDY UŻYWAĆ
Zawsze podczas lutowania i przegrzewania. W małych ilościach, na miejsca łączenia i pady.

W PRAKTYCE
Nałóż niewielką kroplę topnika na pady lub końcówki wyprowadzeń. Pod wpływem ciepła ułatwia zwilżenie i pozwala uzyskać gładkie połączenie.

UWAGA
Zbyt dużo topnika może powodować dymienie, rozpryski, zanieczyszczenia i trudniejsze czyszczenie. Używaj małych ilości.

3 PASTA LUTOWNICZA



FUNKCJA
Mieszanina proszku lutowniczego i topnika. Ułatwia lutowanie, szczególnie drobnych elementów i w procesach reflow (np. BGA) poprzez równomierne rozprowadzenie lutu.

KIEDY UŻYWAĆ
Przy bardzo małych padach, układach BGA, reballingu i gdy potrzebne jest równomierne pokrycie obszaru lutem.

W PRAKTYCE
Nałóż cienką warstwę szpatułką, sitkiem (szablonem) lub strzykawką. Rozprowadź równomiernie i następnie podgrzej zgodnie z profilem temperaturowym.

UWAGA
Zbyt duża ilość pasty może tworzyć kulki, zwarcia i zanieczyszczenia. Nakładaj cienką, kontrolowaną warstwę.

4 PLECIONKA ROZLUTOWUJĄCA



FUNKCJA
Wchłania nadmiar lutu dzięki zjawisku kapilarnemu, pozwalając usunąć lut z padów i wyprowadzeń.

KIEDY UŻYWAĆ
Do usuwania nadmiaru lutu, czyszczenia padów, przy wymianie komponentów i poprawianiu połączeń.

W PRAKTYCE
Przyłóż plecionkę do miejsca z lutem i lekko dociśnij gorącym grotem. Lut zostanie wchłonięty. Używaj świeżego odcinka plecionki, gdy jest już nasycona.

UWAGA
Zbyt mocne dociskanie plecionki może uszkodzić pady lub elementy. Pracuj delikatnie, z odpowiednią temperaturą i krótkim czasem kontaktu.

DRZEWO DECYZYJNE — KTÓREGO MATERIAŁU UŻYĆ?

CO CHCESZ ZROBIĆ?

WYKONAĆ POŁĄCZENIE	LUT	LUT + TOPNIK
UŁATWIĆ LUTOWANIE	TOPNIK	MAŁA ILOŚĆ TOPNIKA
LUTOWAĆ DROBNE PADY / REFLOW	PASTA LUTOWNICZA	CIENKA WARSTWA
USUNĄĆ NADMIAR LUTU	PLECIONKA ROZLUTOWUJĄCA	LEKKI DOCISK, KRÓTKI CZAS

DOBRA PRAKTYKA

- Używaj materiałów dobrej jakości.
- Stosuj odpowiednią temperaturę.
- Używaj minimalnych ilości.
- Czyść pozostałości po lutowaniu.
- Pracuj w czystym i uporządkowanym miejscu.

Rodzaje grotów lutowniczych — dobierz geometrię do zadania

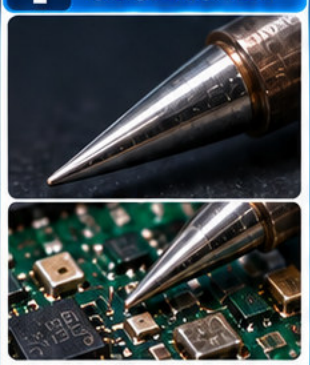
Właściwy grot przekazuje ciepło szybciej, precyzyjniej i z mniejszym ryzykiem przegrzania płyty.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 STOŻKOWA



Mała powierzchnia styku, wysoka precyzja. Umożliwia dostęp do trudno dostępnych miejsc.

IDEALNA DO
Małych punktów, drobnych komponentów SMD i miejsc z ograniczonym dostępem.

KIEDY UŻYWAĆ
Dobra do małych punktów i miejsc z ograniczonym dostępem.

2 DŁUTO



Duża powierzchnia styku i doskonałe przekazywanie ciepła. Jedna z najbardziej uniwersalnych opcji.

IDEALNA DO
Większych padów, wyprowadzeń, masy i elementów o dużej powierzchni.

KIEDY UŻYWAĆ
Duża powierzchnia styku = szybkie i skuteczne przekazywanie ciepła.

3 ŚCIĘTA

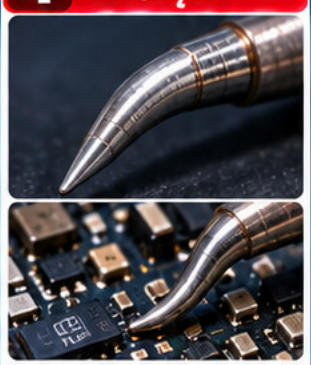


Rezerwa lutu na powierzchni grotu. Ułatwia lutowanie przeciągane wielu wyprowadzeń. Dobre przekazywanie ciepła i kontrola.

IDEALNA DO
Lutowania przeciąganego, rzędów wyprowadzeń, tworzenia stabilnego menisku lutu.

KIEDY UŻYWAĆ
Gdy lutujesz wiele wyprowadzeń naraz i potrzebujesz kontroli nad ilością cyny.

4 ZAGIĘTA



Umożliwia boczny dostęp w gęstych obszarach i wokół przeszkód.

IDEALNA DO
Miejsc z ograniczonym dostępem, pod elementami, w pobliżu wysokich komponentów.

KIEDY UŻYWAĆ
Gdy potrzebujesz dostępu od boku, aby ominąć przeszkody i dotrzeć do trudno dostępnych miejsc.

ZA DUŻY GROT



- Nagrzewa sąsiednie komponenty.
- Zmniejsza precyzję.
- Może rozprowadzać lut w niepożądany sposób.

ZA MAŁY GROT

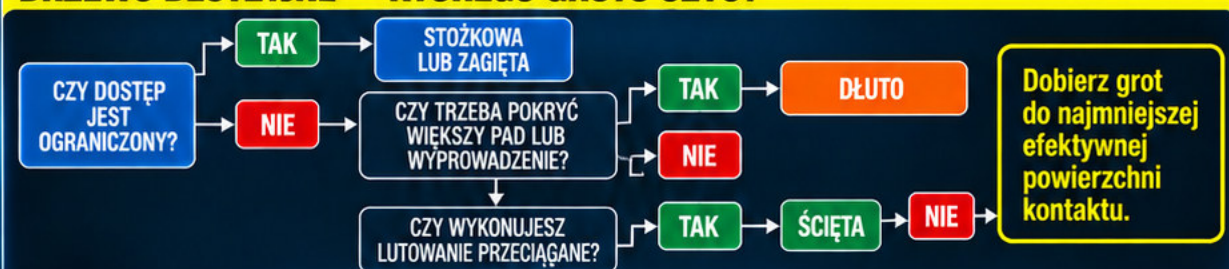


- Powolne przekazywanie ciepła.
- Wydłuża czas kontaktu.
- Zwiększa ryzyko nagromadzenia ciepła i uszkodzenia płyty.

KLUCZOWA ZASADA

Używaj najmniejszego grotu, który skutecznie przekazuje ciepło bez wydłużania kontaktu.

DRZEWO DECYZYJNE — KTÓREGO GROTU UŻYĆ?



KONTROLA TEMPERATURY —
OBSERWUJ PROCES, NIE TYLKO WYŚWIETLACZ

TEMPERATURA ROBOCZA ZALEŻY OD STOPU, MASY TERMICZNEJ, GROTU, POLA LUTOWNICZEGO I CZASU KONTAKTU.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 CO WPŁYWA NA POTRZEBNĄ TEMPERATURĘ?

STOP LUTOWNICZY



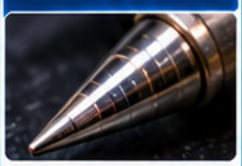
Różne stopy mają różne temperatury topnienia i płynności.

MASA TERMICZNA



Duża masa termiczna wymaga więcej ciepła (np. duże pola, warstwy, ekrany).

GROT



Kształt, rozmiar i stan grotu wpływają na transfer ciepła.

MOC STACJI



Wyższa moc ułatwia utrzymanie stabilnej temperatury pod obciążeniem.

CZAS KONTAKTU



Dłuższy kontakt przekazuje więcej ciepła, ale zwiększa ryzyko uszkodzeń.

2 ZA MAŁO CIEPŁA



- Lut topi się powoli.
- Nie rozpływa się równomiernie.
- Matowy lub ziarnisty wygląd lutu.
- Słabe zwilżanie powierzchni.
- Operator rekompensuje zbyt długim kontaktem.

3 ZA DUŻO CIEPŁA



- Topnik szybko ciemnieje lub się spala.
- Maska lutownicza wygląda gorzej (traci kolor, matowieje).
- Sąsiednie komponenty mocno się nagrzewają.
- Powierzchnia jest przypalona lub zabrudzona.
- Rośnie ryzyko uszkodzenia pada i laminatu.

4 W PRAKTYCE



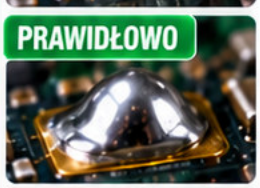
- Używaj czystego grotu.
- Dopasuj masę grotu do zadania.
- Rozpocznij od kontrolowanego procesu.
- Obserwuj zachowanie lutu, nie tylko temperaturę na wyświetlaczu.
- Ogranicz czas kontaktu.
- Koryguj tylko jeden parametr na raz.

PORÓWNANIE

ZA MAŁO



PRAWIDŁOWO



ZA DUŻO



DRZEWO DECYZYJNE — CZY TRZEBA ZMIENIAĆ TEMPERATURĘ?

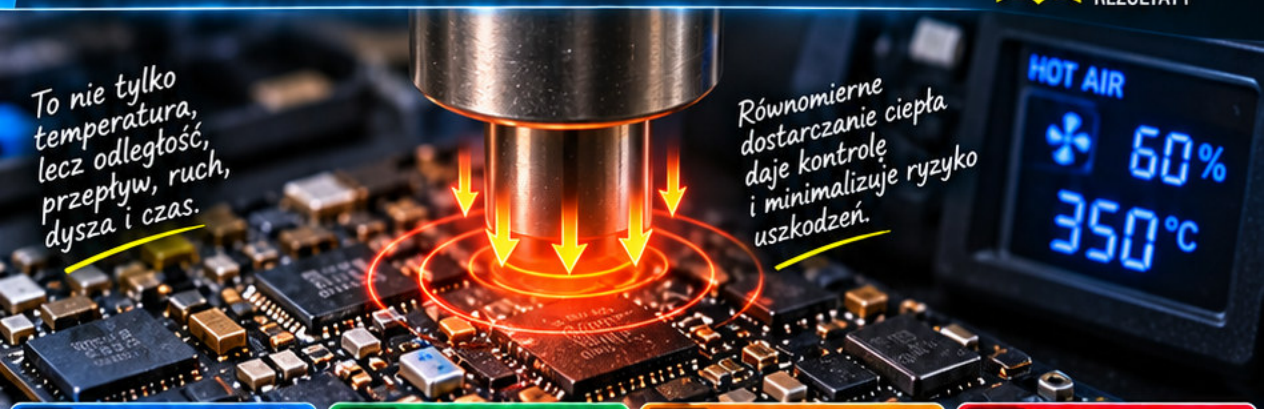


Hot air — odległość, przepływ i ruch

Kontroluj sposób dostarczania energii, aby ogrzać komponent bez przesuwania sąsiednich elementów.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 ODLEGŁOŚĆ
WPŁYWA NA KONCENTRACJĘ CIEPŁA



Zbyt blisko – szybkie, mocne nagrzewanie, ryzyko uszkodzeń.



Zbyt daleko – utrata energii i długie nagrzewanie.

✓ Odległość wpływa na koncentrację ciepła.

2 PRZEPŁYW
DOPASUJ DO KOMPONENTU



Zbyt duży nawiew może przesunąć lub zdmuchnąć element.



Zbyt mały nawiew – wolne lub nierównomierne nagrzewanie.

✓ Dopasuj przepływ do masy i wielkości elementu.

3 RUCH
OGRZEWAJ RÓWNOMIERNIE



Nie trzymaj dyszy nieruchomo zbyt długo w jednym miejscu.



Używaj płynnego, równomiernego ruchu. Ogrzewaj stopniowo cały obszar.

✓ Stały, kontrolowany ruch zapewnia równomierne grzanie.

4 DYSZA
DOBIERZ DO ZADANIA



Większa dysza – większy obszar działania, łagodniejsze grzanie.



Mniejsza dysza – większa koncentracja ciepła, precyzja.

✓ Dysza powinna być dopasowana do komponentu i strefy pracy.

BŁĘDNIE ✗



Dysza zbyt blisko i nieruchomo. Punktowe przegrzewanie.



Zbyt silny nawiew na małe elementy. Ryzyko przesunięcia lub zdmuchnięcia.



Nagrzewanie całego obszaru bez potrzeby. Zbędne ryzyko i dłuższy czas naprawy.

PRAWIDŁOWO ✓



- ✓ Zachowaj odpowiednią odległość.
- ✓ Używaj płynnego ruchu.



- ✓ Dopasuj przepływ do wielkości i masy komponentu.
- ✓ Skieruj nawiew tak, aby nie poruszać sąsiednich elementów.



- ✓ Ogrzewaj tylko obszar naprawy.
- ✓ Chroń sąsiednie elementy (np. taśmą kaptonową, osłonami).

DRZEWO DECYZYJNE — PROBLEMY PODCZAS GRZANIA?

CZY ELEMENTY OBOK PORUSZAJĄ SIĘ?

- TAK → Zmniejsz przepływ. Popraw kierunek nawiewu. Zabezpiecz obszar.
- NIE → Kontynuuj obserwację.

CZY OBSZAR NAGRZEWA SIĘ BARDZO WOLNO?

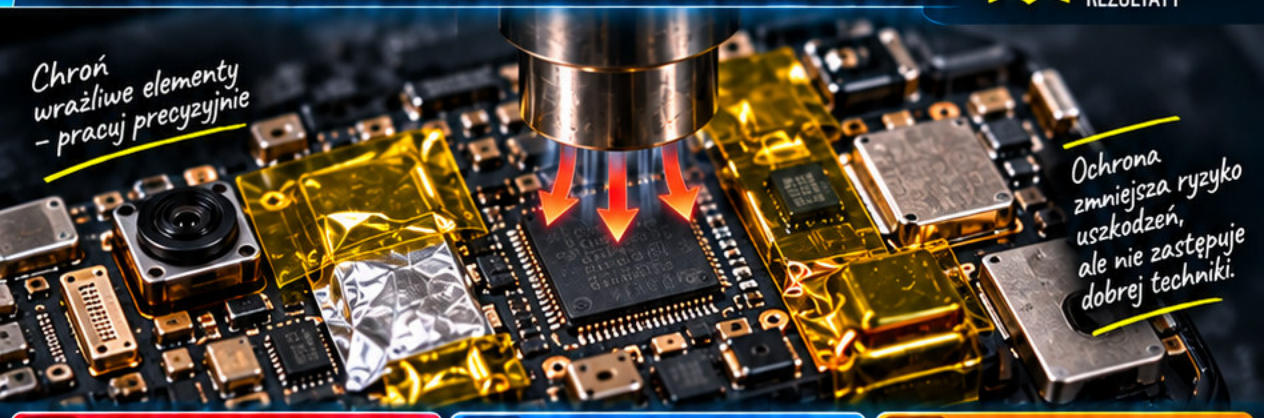
- TAK → Sprawdź odległość, dyszę, moc procesu i masę termiczną.

OCHRONA TERMICZNA – OGRZEWAJ TYLKO TO, CO JEST POTRZEBNE

PLASTIKOWE ZŁĄCZA, TAŚMY, SĄSIEDNIE UKŁADY I DROBNE SMD WYMAGAJĄ KONTROLI EKSPOZYCJI NA CIEPŁO.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



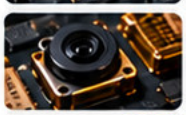
1 ELEMENTY SZCZEGÓLNIE WRAŻLIWE



Złącza plastikowe
Mogą się stopić i zdeformować.



Mikrofony
Wrażliwe na wysoką temperaturę, łatwo ulegają uszkodzeniu.



Kamery i moduły wrażliwe
Matryce i soczewki mogą się trwale uszkodzić.



Flexy i konektory
Taśmy i złącza FPC łatwo się przegrzewają i tracą właściwości.



Kleje
Tracą adhezję, mogą się rozwarstwić.



Małe elementy SMD
Mogą się przesunąć lub odpaść.

Komponenty wcześniej naprawiane
Są bardziej wrażliwe na wysoką temperaturę.

2 METODY OCHRONY



Osłona termiczna
Metalowa osłona kieruje ciepło i chroni sąsiednie elementy.



Folia odporna na temperaturę
Stosuj tam, gdzie to możliwe.



Taśma wysokotemperaturowa
Wytrzymuje wysoką temperaturę, idealna do maskowania.



Ekranowanie obszaru
Zabezpiecz wrażliwe elementy wokół miejsca pracy.



Kierowanie strumienia ciepła
Skup ciepło tylko na wybranym obszarze.



Skrócenie niepotrzebnej ekspozycji
Używaj możliwie krótkiego czasu grzania.

3 OCHRONA NIE OZNACZA PRZEGRZEWANIA

Jeżeli musisz ekstremalnie zwiększać ciepło, aby pokonać osłonę, sprawdź cały proces.

Dobrze dobrana ochrona pozwala pracować bezpiecznie i skutecznie, bez nadmiernej temperatury.



✕ BŁĘDNIE



✕ Osłona zakrywa obszar roboczy.
Nie masz dostępu do lutowanego elementu.



✕ Folia dotyka przypadkowo elementów.
Może się stopić i przylutować do płytki.



✕ Nawiew kierowany pod osłonę.
Ciepło rozchodzi się na sąsiednie elementy.



✕ Bardzo długi czas grzania.
Zwiększa ryzyko uszkodzeń całego obszaru.

✓ PRAWIDŁOWO



✓ Chroniony jest tylko obszar wrażliwy.
Obszar pracy pozostaje dostępny.



✓ Komponent roboczy pozostaje dostępny.
Osłona nie zasłania lutowanego elementu.



✓ Strumień jest kontrolowany.
Ciepło trafia tylko tam, gdzie trzeba.



✓ Czas ekspozycji jest ograniczony.
Używaj możliwie krótkiego czasu grzania.

4 PROCEDURA KROK PO KROKU



1 ZIDENTYFIKUJ ELEMENTY WRAŻLIWE
Oceń, co wymaga ochrony wokół miejsca pracy.



2 OKREŚL KIERUNEK CIEPŁA
Zaplanuj, skąd będzie nadmuch i gdzie ma trafiić strumień.



3 ZABEZPIECZ SĄSIEDNI OBSZAR
Użyj osłony, folii lub taśmy wysokotemperaturowej.



4 SPRAWDŹ STABILNOŚĆ OSŁONY
Upewnij się, że nie przesuwa się pod wpływem powietrza.



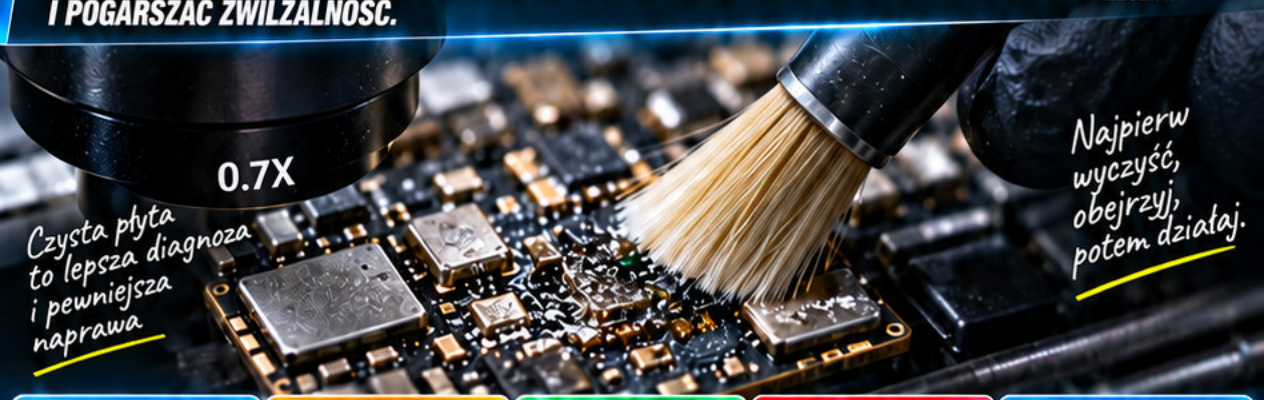
5 DOPIERO WTEDY ROZPOCZNIJ NAGRZEWANIE
Pracuj kontrolowanie, obserwuj płytę i otoczenie.

PRZYGOTOWANIE I CZYSZCZENIE PŁYTY PRZED LUTOWANIEM

BRUD, STARE POZOSTAŁOŚCI TOPNIKA I KOROZJA MOGĄ UKRYWAĆ PROBLEM I POGARSZAĆ ZWILŻALNOŚĆ.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 OBEJRZYJ



- Użyj mikroskopu i dokładnie obejrzyj obszar.
- Szukaj korozji.
- Szukaj zabrudzeń.
- Sprawdź, czy pady nie jeot podiesiony.
- Zwróć uwage na przesunięte elementy.

DOBRA OBSERWACJA TO MNIEJ BŁĘDÓW.

2 USUŃ LUŹNE ZANIECZYSZCZENIA



- Użyj miękkiego pędzelka (ESD) lub patyczka bezpyłowego.
- Delikatnie usuń kurz, brud i luźne cząstki.
- Nie używaj dużej siły.
- Nie przesuwaj i nie odrywaj elementów.

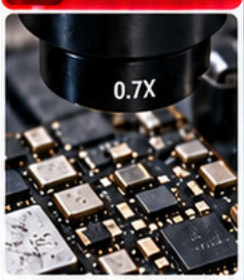
NIE SZORUJ AGRESYWNIE PADÓW ANI DROBNYCH ELEMENTÓW.

3 USUŃ STARE POZOSTAŁOŚCI



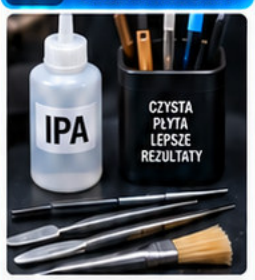
- Użyj odpowiedniego środka czyszczącego (IPA lub dedykowany cleaner).
- Usuń stare pozostałości topnika, osady i tłuste zanieczyszczenia.
- Pozostałości mogą ukrywać spoinę, pęknięcia i stan padów.
- Czyść, aż powierzchnia będzie czysta i matowa.

4 WYSUSZ I PONOWNIE OBEJRZYJ



- Po czyszczeniu osusz płytę (ręcznik bezpyłowy, sprężone powietrze lub delikatne grzanie).
- Sprawdź ponownie cały obszar.
- Dopiero teraz prawidłowo ocenisz stan padów, połączeń i ewentualne uszkodzenia.
- Upewnij się, że wszystko jest suche.

5 PRZYGOTUJ OBSZAR ROBOCZY



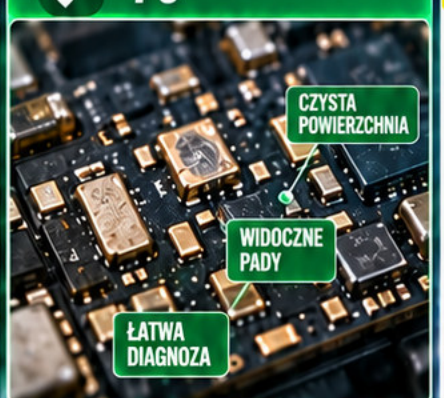
- Ustabilizuj płytę i przygotuj narzędzia oraz materiały.
- Użyj uchwytu lub mocowania.
- Miej pod ręką topnik, środek czyszczący, pędzelki i patyczki.
- Stosuj materiały dopiero, gdy rozpoczynasz właściwą operację.

DOBRE PRZYGOTOWANIE PRZYSPIESZA PRACĘ I ZWIĘKSZA BEZPIECZEŃSTWO.

PRZED



PO



DLACZEGO?

- Poprawia widoczność szczegółów.
- Ułatwia ocenę zwilżalności.
- Zmniejsza zanieczyszczenie spoiny.
- Ujawnia rzeczywisty stan padów.
- Pomaga wykryć uszkodzenia mechaniczne.

NIE SZORUJ AGRESYWNIE PADÓW ANI DROBNYCH ELEMENTÓW.

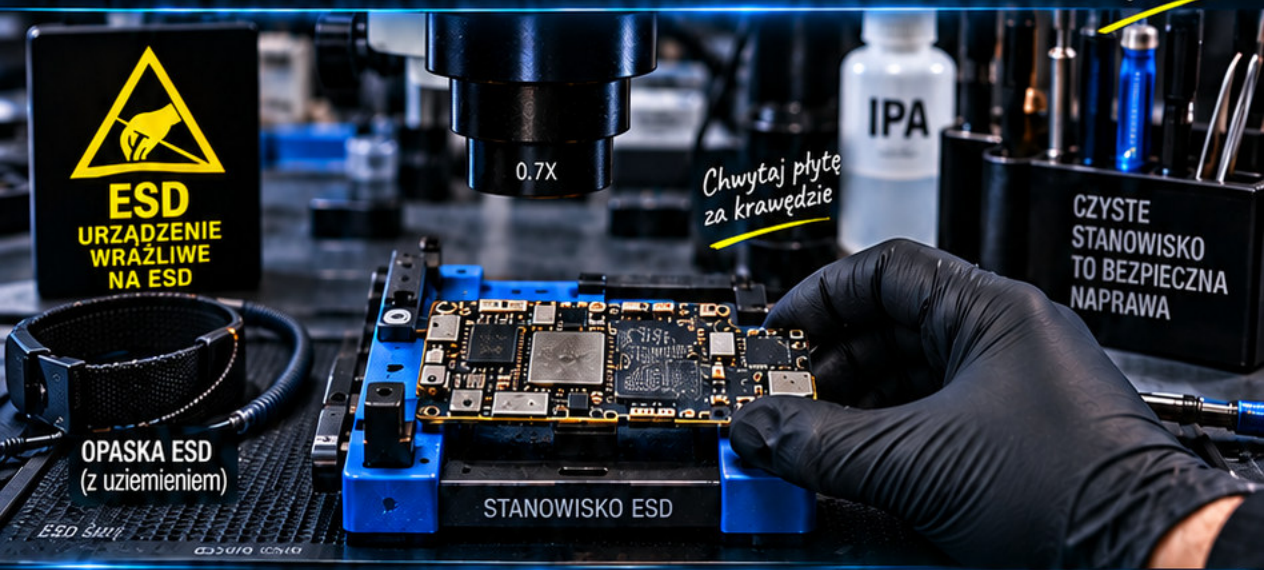
ZASADA: NAJPIERW WYCZYŚĆ, POTEM OCEŃ, DOPIERO PÓŹNIEJ LUTUJ.

ESD i bezpieczne obchodzenie się z płytą

WIEDZA
PRAKTYKA
LEPSZE
NAPRAWY

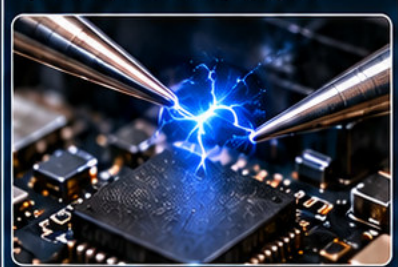
NIE WSZYSTKIE USZKODZENIA SĄ WIDOCZNE. CHROŃ PŁYTĘ PRZED ELEKTROSTATYKĄ, WYGINANIEM I PRZYPADKOWYM KONTAKTEM.

Profesjonalna naprawa to także ochrona



Co to jest ESD?

ESD to nagłe wyładowanie elektrostatyczne pomiędzy obiektami o różnym potencjale elektrycznym.



NIEWIDOCZNE USZKODZENIA MOGĄ POWSTAĆ W ŁAMKU SEKUNDY.

Podstawowe zasady

- Stanowisko zgodne z zasadami ESD
- Odpowiednia mata
- Prawidłowo używane zabezpieczenie osobiste
- Unikać materiałów gromadzących ładunek
- Manipulować płytą w bezpiecznych miejscach
- Utrzymywać porządek na stanowisku

Mechaniczne obchodzenie się z płytą

- Nie wyginaj płyty
- Nie opieraj siły na komponentach
- Nie zaciskaj płyty na wrażliwych elementach
- Używaj odpowiedniego uchwytu
- Chwytaj za krawędzie, gdy to możliwe



Stabilne mocowanie to większe bezpieczeństwo

ŹLE ✗



- ✗ Płyta leży luźno
- ✗ Operator dociska komponenty dłonią
- ✗ Narzędzia leżą na płycie
- ✗ Płyta wygina się podczas pracy

DOBRZE ✓



- ✓ Płyta stabilna
- ✓ Obszar roboczy dostępny
- ✓ Uchwyt nie naciska komponentów
- ✓ Kontakt kontrolowany

Przed rozpoczęciem

- ✓ Stanowisko przygotowane
- ✓ Płyta stabilna
- ✓ Obszar czysty
- ✓ Narzędzia gotowe
- ✓ Zabezpieczenie ESD wdrożone

ŚWIADOMA OCHRONA TO MNIEJ AWARII I LEPSZE REZULTATY.

Lista kontrolna — zanim przyłożysz ciepło

WIEDZA
PRAKTYKA
LEPSZE
NAPRAWY

30 sekund kontroli może zapobiec wielu minutom naprawiania własnego błędu.

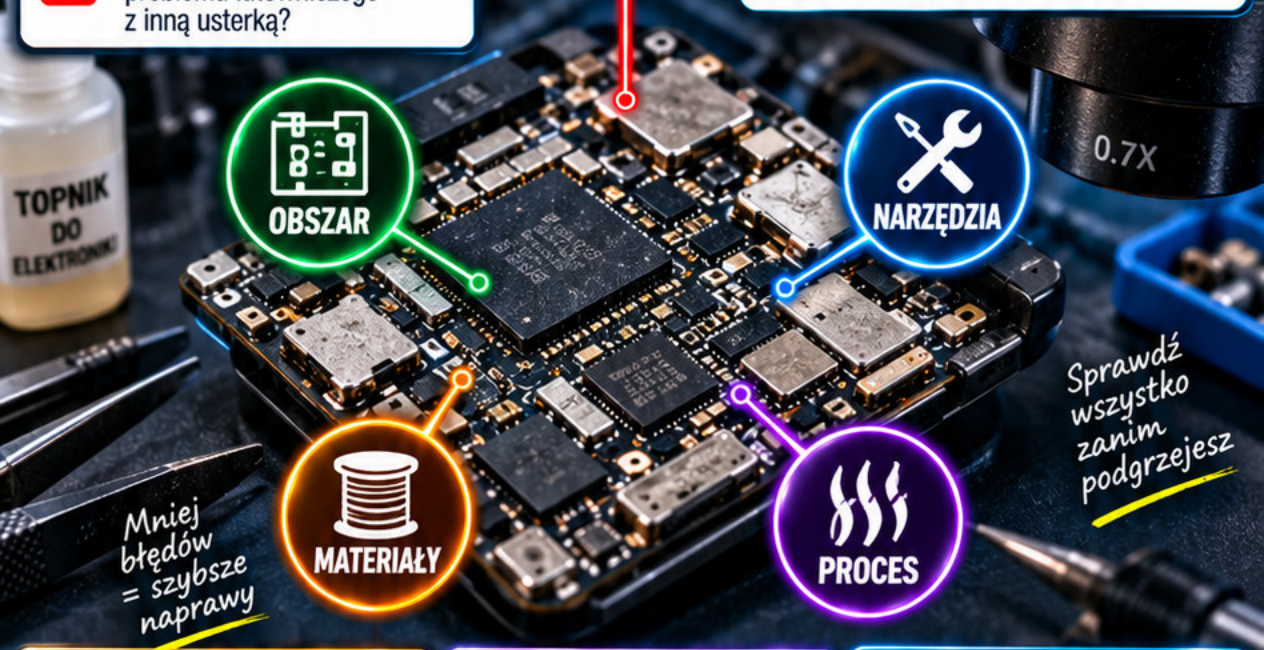
Dobre przygotowanie to połowa sukcesu

A DIAGNOZA
NAJPIERW PEWNOŚĆ, POTEM DZIAŁANIE

- [ ] Czy usterka została potwierdzona?
- [ ] Czy wiem, który element wymaga pracy?
- [ ] Czy orientacja komponentu jest znana?
- [ ] Czy istnieje ryzyko pomylenia problemu lutowniczego z inną usterką?

B OBSZAR
CZYSTE I BEZPIECZNE MIEJSCE PRACY

- [ ] Czy powierzchnia jest czysta?
- [ ] Czy pady są kompletne?
- [ ] Czy sąsiednie elementy są stabilne?
- [ ] Czy w pobliżu znajdują się elementy wrażliwe na ciepło?



Mniej błędów = szybsze naprawy

Sprawdź wszystko zanim podgrzejesz

D MATERIAŁY
DOBIERZ I PRZYGOTUJ

- [ ] Czy wybrano właściwy lut?
- [ ] Czy topnik jest przygotowany?
- [ ] Czy plecionka jest dostępna?
- [ ] Czy używana ilość materiału będzie minimalna i kontrolowana?

E PROCES
KONTROLA NA KAŻDYM ETAPIE

- [ ] Czy płyta jest stabilna?
- [ ] Czy kierunek ciepła jest bezpieczny?
- [ ] Czy elementy obok wymagają ochrony?
- [ ] Czy wiem, co będzie sygnałem do zakończenia ogrzewania?

C NARZĘDZIA
SPRAWDŹ I PRZYGOTUJ

- [ ] Czy grot ma odpowiedni kształt?
- [ ] Czy grot jest czysty i zwilżony?
- [ ] Czy dysza hot air jest odpowiednia?
- [ ] Czy pęseta zapewnia pewny chwyt?

Jeżeli nie potrafisz odpowiedzieć na jedno z tych pytań — zatrzymaj się i sprawdź przed grzaniem.

Lut nie chce się rozpłynąć — co sprawdzić?

NIE ZWIĘKSZAJ TEMPERATURY AUTOMATYCZNIE. NAJPIERW ZNAJDŹ PRZYCZYNĘ.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Najpierw sprawdź, nie zwiększaj temperatury.

WYŻSZA TEMPERATURA TO NIE ZAWSZE ROZWIĄZANIE!

DRZEWO DECYZYJNE — DLACZEGO LUT NIE CHCE SIĘ ROZPŁYNĄĆ?

CZY LUT TOPI SIĘ NA GROCIE?

TAK



Lut powinien topić się na grocie w kilka sekund.

NIE

SPRAWDŹ:

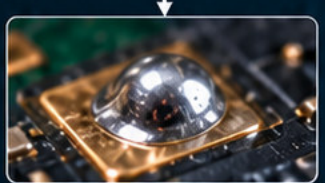


- Czystość grotu.
- Utlenienie grotu.
- Stan powłoki grotu.
- Rzeczywiste nagrzewanie stacji.

CZY LUT ZWILŻA PAD?

TAK

NIE



Lut powinien rozlewać się po padzie i tworzyć gładką, błyszczącą powierzchnię.

SPRAWDŹ:



- Powierzchnię pada.
- Utlenienie powierzchni.
- Zabrudzenia (tłuszcz, pozostałości).
- Ilość i stan topnika.

CZY PUNKT ODBIERA DUŻO CIEPŁA?

TAK

ZASTOSUJ:



Wybierz grot o większej efektywnej powierzchni kontaktu.



Popraw kontakt z elementem i padem.



Zastosuj bardziej odpowiednią strategie termiczną (np. podgrzewanie wstępne, dwie strony).

NIE

CZY KONTAKT TRWA ZBYT DŁUGO?

NIE

KONTYNUUJ PROCES POD OBSERWACJĄ.

Jeśli lut się rozpływa i tworzy prawidłowe połączenie — proces jest w porządku.

TAK

PRZEANALIZUJ:

- Narzędzie (stacja, grot).
- Dobór grotu.
- Topnik (rodzaj i ilość).
- Technikę lutowania (kąt, kontakt, czas).

NIE RÓB TEGO!



Ciągłe zwiększanie temperatury.



Mocne dociskanie grotu.



Długie grzanie jednego punktu.



Ignorowanie ciemniejącego topnika.

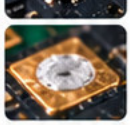
SZUKAJ PRZYCZYNY



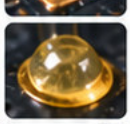
Stan grotu (czystość, utlenienie).



Masa termiczna (duże pola, warstwy, komponenty).



Powierzchnia (utlenienie, pokrycia, zabrudzenia).



Topnik (rodzaj, ilość, stan).



Geometria kontaktu (kąt, pole styku, dopasowanie grotu).



Czas (nie za krótki, nie za długi).

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

UTLENIONY GROT ✕ × PRZYGOTOWANY GROT ✓

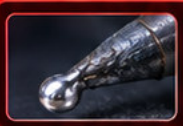
Stan powierzchni grotu bezpośrednio wpływa na przekazywanie ciepła i zachowanie lutu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

UTLENIONY GROT ✕

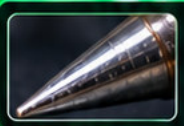




- Lut nie chce pokryć powierzchni grotu. ✕
- Przekazywanie ciepła jest słabe. ✕
- Operator zwiększa czas kontaktu. ✕
- Praca staje się nieprzewidywalna. ✕

PRZYGOTOWANY GROT ✓





- Lut równomiernie pokrywa aktywną część grotu. ✓
- Ciepło jest szybko przekazywane. ✓
- Kontakt może być krótszy. ✓
- Reakcja lutu jest przewidywalna. ✓

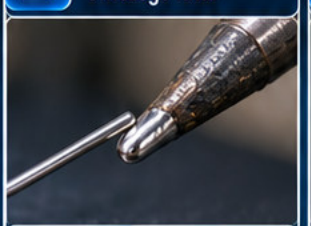
JAK PRZYGOTOWAĆ GROT?

1 Oczyść zgodnie z przeznaczeniem grotu.



Użyj suchych lub wilgotnych czyścików przeznaczonych do grotów.

2 Nałóż cienką warstwę świeżego lutu.



Użyj dobrej jakości cyny lutowniczej.

3 Sprawdź równomierne zwilżenie.



Cała aktywna część grotu powinna być pokryta cienką warstwą lutu.

4 Dopiero wtedy rozpocznij pracę.



Teraz grot skutecznie przekazuje ciepło i lut reaguje prawidłowo.

UTLENIONY GROT = KROPLA



Lut tworzy kroplę i nie zwilża powierzchni grotu.

PRZYGOTOWANY GROT = POWIERZCHNIA ZWILŻONA



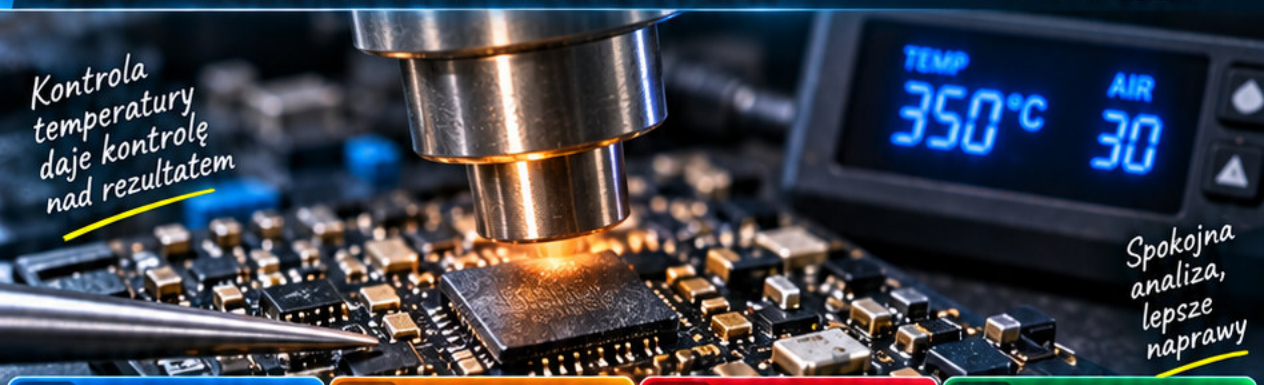
Lut równomiernie pokrywa powierzchnię grotu i tworzy cienką warstwę.

Nie szlifuj agresywnie powłoki nowoczesnego grotu. Możesz trwale uszkodzić warstwę ochronną i skrócić jego żywotność.

KARTA DIAGNOSTYCZNA —
GDY HOT AIR NIE ZACHOWUJE SIĘ PRAWIDŁOWO
OBJAW → MOŻLIWA PRZYCZYNA → KOREKTA PROCESU

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 ELEMENT NIE CHCE SIĘ POLUZOWAĆ



MOŻLIWE PRZYCZYNY
- Zbyt mało energii docierą do obszaru.
- Wysoka masa termiczna elementu lub płyty.
- Nieprawidłowa odległość dyszy.
- Nagrzewanie nierównomierne (powstają zimne strefy).

SPRAWDŹ:
- Dyszę (rozmiar i typ).
- Odległość od elementu.
- Ruch (okrężny, równomierny).
- Ochronę termiczną sąsiednich elementów.
- Charakter obszaru (wielowarstwowa płyta, duże pole miedzi).

NIE RÓB:
Nie ciągnij komponentu na siłę.

2 SĄSIEDNIE ELEMENTY SIĘ PRZESUWAJĄ



MOŻLIWE PRZYCZYNY
- Zbyt duży przepływ powietrza.
- Nieprawidłowy kierunek nadmuchu.
- Zbyt mała kontrola obszaru nagrzewania.

KOREKTA PROCESU:
- Zmniejsz przepływ powietrza (air).
- Skoryguj kąt nadmuchu (kieruj pionowo).
- Zabezpiecz sąsiednie elementy (tasma kapton, maskowanie).
- Popraw kontrolę ruchu i zmniejsz obszar grzania.

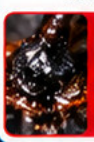


3 TOPNIK SZYBKO CIEMNIEJE



MOŻLIWE PRZYCZYNY
- Nadmierna ekspozycja termiczna.
- Dysza zbyt blisko elementu.
- Zbyt długi czas nagrzewania.
- Nieodpowiedni proces dla danego materiału (topnik, płyta, element).

KOREKTA PROCESU:
- Przerwij nagrzewanie.
- Oceń stan powierzchni i pozostałości topnika.
- Skoryguj parametry procesu (temperatura, przepływ, odległość, czas) przed kontynuacją.



CIEMNY TOPNIK = ZBYT DUŻA EKSPOZYCJA TERMICZNA

4 ELEMENT PORUSZA SIĘ, ALE NADAL STAWIA OPÓR

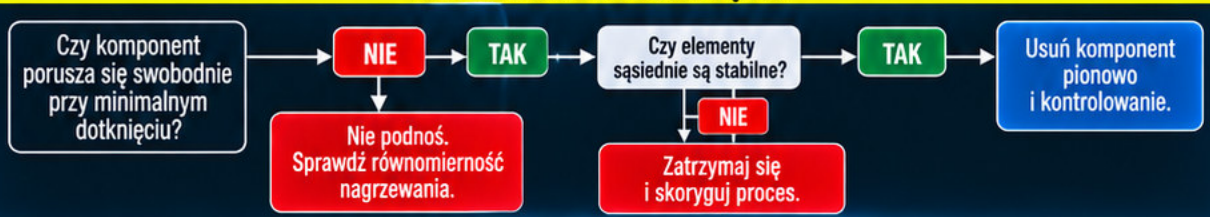


MOŻLIWE PRZYCZYNY
- Nie wszystkie połączenia są roztopione.
- Jedna strona elementu pozostaje chłodniejsza.
- Cyna nie rozpłynęła się w pełni (nadal częściowo w stanie stałym).

KOREKTA PROCESU:
- Kontynuuj równomierne nagrzewanie.
- Zwróć uwagę na chłodniejszą stronę elementu.
- Zwiększ czas przy zachowaniu kontroli temperatury.
- Sprawdź, czy używasz odpowiedniego topnika.

NIE PODWAŻAJ.
Jeżeli występuje opór — kontynuuj kontrolę procesu.

DRZEWO DECYZYJNE — CZY KOMPONENT PORUSZA SIĘ SWOBODNIE PRZY MINIMALNYM DOTKNIĘCIU?



ZAPAMIĘTAJ!

TEMPERATURA + PRZEPŁYW + ODLEGŁOŚĆ + RUCH + CZAS

Hot air = temperatura + przepływ + odległość + ruch + czas.

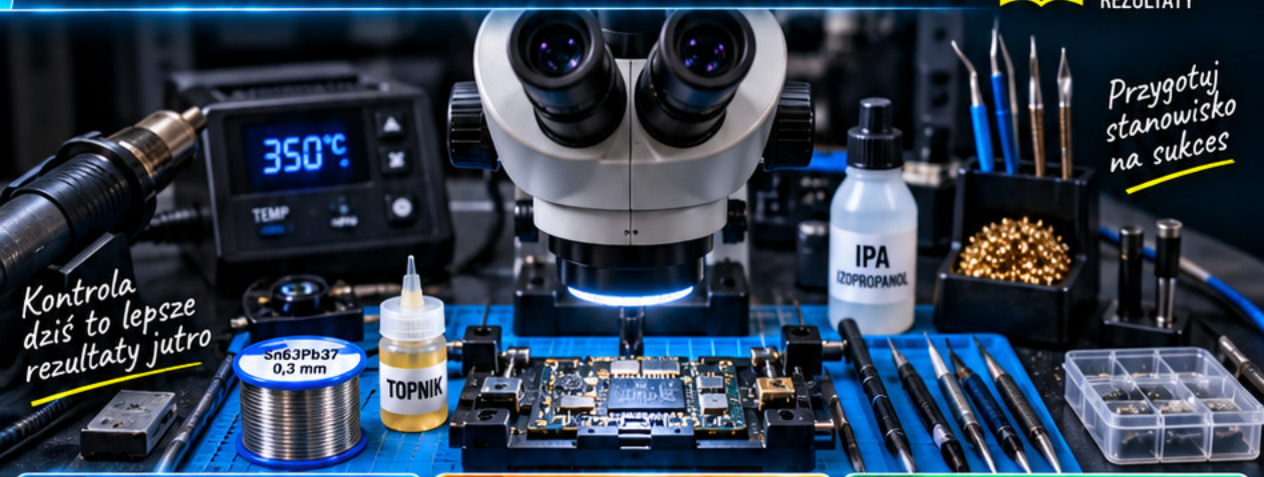
Kontroluj parametry, nie sytuację awaryjną.

GOTOWOŚĆ DO MIKROLUTOWANIA
SPRAWDŹ, ZANIM ZACZNIESZ

DOBRA NAPRAWA ZACZYNA SIĘ OD KONTROLI STANOWISKA, NARZĘDZI, MATERIAŁÓW I PROCESU.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



1 STANOWISKO



- Płyta stabilna i pewnie zamocowana.
- Dobre, równomierne oświetlenie.
- Czysta przestrzeń robocza.
- Narzędzia w zasięgu ręki.
- Brak przypadkowych przedmiotów na stanowisku.

2 NARZĘDZIA



- Właściwy grot do planowanej pracy.
- Odpowiednia pęseta.
- Dobrana dysza hot air.
- Mikroskop ustawiony i czysty.
- Uchwyt mocujący nie naciska na komponenty.

3 MATERIAŁY



- Właściwy lut (średnica i stop).
- Topnik przygotowany i odpodwiedni.
- Plecionka rozlutowująca dostępna.
- Środek czyszczący gotowy.
- Minimalna ilość materiałów na stanowisku.

4 KONTROLA CIEPŁA



- Nie stosować jednej temperatury do wszystkiego.
- Ocenić reakcję lutu.
- Kontrolować czas kontaktu.
- Przy hot air uwzględniać przepływ, ruch i odległość.
- Obserwować topnik i sąsiednie elementy.

5 OCHRONA



- Identyfikować elementy wrażliwe na temperaturę.
- Stosować ekranowanie (taśma kapton, osłony).
- Pracować zgodnie z zasadami ESD.
- Nie wyginać płyty.
- Nie używać siły.

6 DIAGNOZA



- Potwierdzić usterkę przed grzaniem.
- Obejrzeć pady i stan połączeń.
- Sprawdzić orientację komponentu.
- Mieć plan zakończenia procedury.
- Wiedzieć, jaki objaw oznacza STOP.

NAJPIERW KONTROLA. POTEM CIEPŁO.

Jeżeli proces nie zachowuje się zgodnie z oczekiwaniem, zatrzymaj się i znajdź przyczynę zamiast zwiększać temperaturę lub siłę.



CZY JESTEŚ GOTOWY?

1	Czy potrafisz dobrać grot?	TAK	NIE
2	Czy rozumiesz rolę topnika?	TAK	NIE
3	Czy kontrolujesz hot air?	TAK	NIE
4	Czy potrafisz zabezpieczyć sąsiednie elementy?	TAK	NIE
5	Czy stosujesz checklistę przed grzaniem?	TAK	NIE

Jeżeli na którekolwiek pytanie odpowiedź brzmi NIE, Wróć do odpowiedniej karty modułu 1.

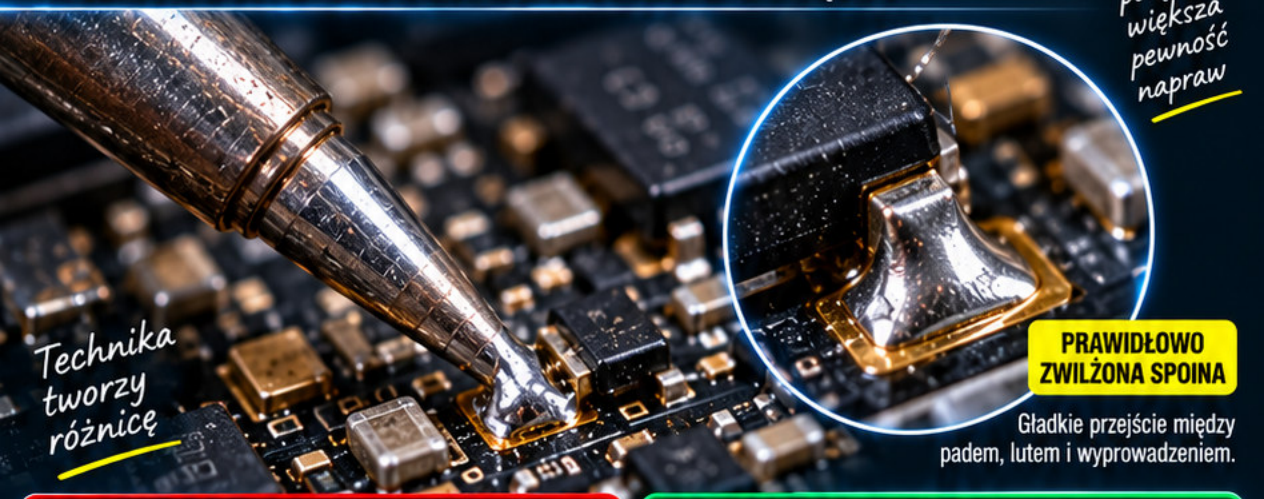
MODUŁ 2 — PODSTAWOWE TECHNIKI LUTOWANIA I ROZLUTOWYWANIA

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

OPANUJ ZACHOWANIE LUTU, PRACĘ Z TOPNIKIEM, PRZYGOTOWANIE PADÓW I KONTROLOWANE TWORZENIE POŁĄCZEŃ.

Dobre połączenia większa pewność napraw



Technika tworzy różnicę

PRAWIDŁOWO ZWILŻONA SPOINA

Gładkie przejście między padem, lutem i wyprowadzeniem.

KROPLA LUTU



- Słaba przyczepność
- Brak zwilżalności
- Nietrwałe połączenie
- Ryzyko usterek

PŁYNNE PRZEJŚCIE

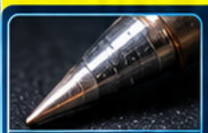
PAD → LUT → WYPROWADZENIE



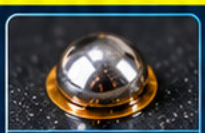
- Pełna zwilżalność
- Mocne połączenie
- Estetyczny wygląd
- Wysoka niezawodność

CELEM MODUŁU JEST *WIZUALNE OPANOWANIE PODSTAWOWYCH RUCHÓW* I PROCEDUR, KTÓRE POWTARZAJĄ SIĘ W WIĘKSZOŚCI NAPRAW MIKROLUTOWNICZYCH.

W TYM MODULE POZNASZ:



PRAWIDŁOWE CYNOWANIE GROTU



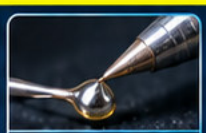
ZACHOWANIE LUTU



ZWILŻALNOŚĆ



TOPNIK



DODAWANIE I USUWANIE LUTU



PLECIONKA



PRZYGOTOWANIE PADÓW



ROZLUTOWYWANIE LUTOWNICĄ



ROZLUTOWYWANIE HOT AIR



POZYCJONOWANIE



PONOWNE LUTOWANIE



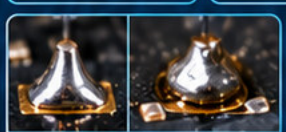
CZYSZCZENIE



IDENTYFIKACJA WAD



MOSTKI



NADMIAR I NIEDOBÓR LUTU



PRAWIDŁOWE WYKOŃCZENIE

Te same techniki. Lepsze rezultaty.

NIE CHODZI O SAMO STOPIENIE LUTU. *CHODZI O KONTROLOWANE UTWORZENIE CZYSTEGO, STABILNEGO POŁĄCZENIA.*

Prawidłowe cynowanie grotu — cienka warstwa, lepsze przekazywanie ciepła

Lut powinien pokrywać aktywną powierzchnię grotu, a nie tworzyć dużą kroplę.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



JAK PRAWIDŁOWO OCYNOWAĆ GROT?

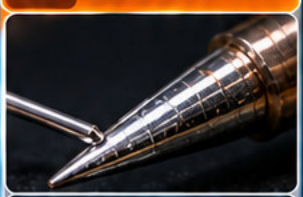
1 OCZYŚĆ



Usuń lekkie zanieczyszczenia. Upewnij się, że aktywna powierzchnia nie jest pokryta grubą warstwą osadu.

Użyj wilgotnej gąbki, miedzianej czyścik lub specjalnego czyścika do grotów.

2 DODAJ NIEWIELKĄ ILOŚĆ LUTU



Lut powinien zwilżyć roboczą część grotu. Nie buduj dużej kropli — wystarczy niewielka ilość lutu.

Używaj dobrej jakości cyny lutowniczej i utrzymuj odpowiednią temperaturę grotu.

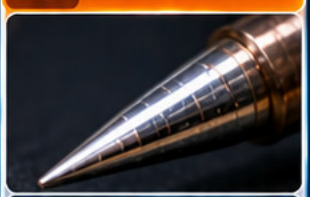
3 ROZPROWADŹ



Powierzchnia powinna być równomiernie pokryta. Nie powinno być suchych, ciemnych obszarów na aktywnej części grotu.

Delikatnie rozprowadź lut na całej powierzchni roboczej grotu, obracając go w razie potrzeby.

4 UTRZYMUJ

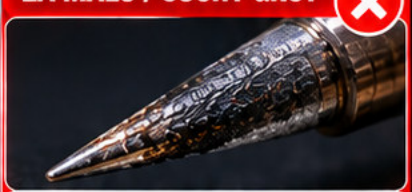


Po pracy nie pozostawiaj grotu długo rozgrzanego i całkowicie suchego. Podczas pracy regularnie oceniaj stan powierzchni.

W razie potrzeby ponownie dodaj niewielką ilość lutu i uzupełnij warstwę.

TRZY STANY GROTU — KTÓRY JEST WŁAŚCIWY?

ZA MAŁO / SUCHY GROT



- Słaby kontakt cieplny.
- Lut nie zachowuje się stabilnie.
- Wydłużony czas pracy.

ZA DUŻO



- Duża kropla lutu.
- Ryzyko przypadkowego przeniesienia lutu.
- Mniejsza precyzja.

PRAWIDŁOWO

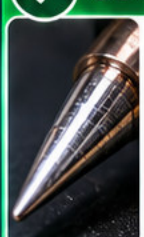


- Cienka, ciągła warstwa.
- Powierzchnia aktywna dobrze zwilżona.
- Szybki transfer ciepła.

DLACZEGO CIENKA WARSTWA POMAGA?

1. Poprawia kontakt między metalem grotu i obszarem pracy — ciepło przekazywane jest bardziej efektywnie.
2. Redukuje małe szczeliny powietrzne, które działają jak izolator i pogarszają transfer ciepła.
3. Pomaga ciepłu wejść efektywniej w pad i wyprowadzenie, skracając czas lutowania.

GOTOWY GROT



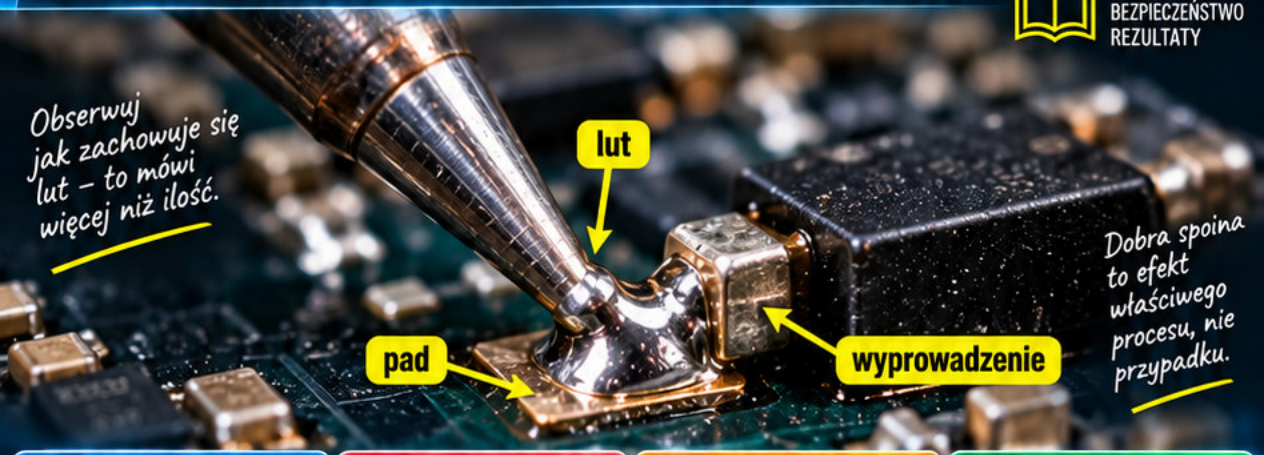
- Czysty.
- Zwilżony.
- Bez dużej kropli.
- Bez czarnej, suchej powierzchni.

JAK POWINIEN ZACHOWYWAĆ SIĘ LUT?

OBSERWUJ ROZPŁYW, ZWILŻANIE I KSZTAŁT SPOINY — TO SYGNAŁY PROCESU.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 PRAWIDŁOWY ROZPŁYW



- Lut topi się bez nadmiernego opóźnienia.
- Płynie po przygotowanej powierzchni.
- Łączy pad z wyprowadzeniem.
- Tworzy płynne przejście.
- Nie tworzy przypadkowej kulki.

TO WŁAŚCIWE ZACHOWANIE LUTU — SZUKAJ TAKIEGO OBRAZU.

2 LUT SIĘ KULKUJE



MOŻLIWE PRZYCZYNY:

- Słaba zwilżalność.
- Zabrudzenie.
- Utlenienie.
- Niewystarczający lub źle działający topnik.
- Powierzchnia nie jest gotowa.

LUT, KTÓRY TWORZY KULKI, NIE ZWILŻA POWIERZCHNI PRAWIDŁOWO.

3 LUT COFA SIĘ OD POWIERZCHNI



Jeżeli lut nie chce przylegać, nie dodawaj automatycznie większej ilości.

KROKI NAPRAWCZE:

1. Zatrzymaj proces.
2. Wyczyść powierzchnię.
3. Oceń powierzchnię.
4. Dodaj odpowiednią ilość topnika.
5. Ponownie obserwuj zachowanie.

4 SPOINA PO OSTYGNIĘCIU



- Ciągła.
- Bez pustej szczeliny.
- Bez mostka.
- Bez nadmiaru.
- Komponent stabilny.

PRAWIDŁOWA SPOINA PO OSTYGNIĘCIU JEST MOCNA I NIE WYMAGA POPRAWEK.

PORÓWNANIE ZACHOWANIA LUTU — ZOBACZ RÓŻNICĘ

PRAWIDŁOWY ROZPŁYW ✓



Gładka powierzchnia, pełne zwilżenie, dobre połączenie.

KULKA ✗



Lut tworzy kulkę i nie zwilża powierzchni.

BRAK ZWILŻENIA ✗



Lut cofa się od pada i nie tworzy połączenia.

NADMIAR LUTU ✗



Zbyt dużo lutu, ryzyko mostka i niekontrolowanego kształtu.

NIE OCENIAJ TYLKO ILOŚCI LUTU. OCENIAJ JEGO KONTAKT Z POWIERZCHNIĄ.

Właściwe zwilżanie to podstawa trwałego połączenia.

lub nie tworzy stabilnego połączenia.

środek czyszczący

plecionka, jeśli potrzebna

5 Oceń, czy pad nie jest uszkodzony lub utleniony.

ZWILŻALNOŚĆ I TWORZENIE SPOINY

Lut musi przylegać do padu i wyprowadzenia.

5 WYKONAJ



1. Nałóż niewielką ilość topnika.
2. Ogrzej powierzchnię, którą lut ma zwilżyć.
3. Dodaj małą ilość świeżego lutu.
4. Obserwuj rozpływ.
5. Przerwij, jeśli topnik szybko ciemnieje bez poprawy zwilżenia.

6 ZAKOŃCZ



- ✓ usuń ciepło
- ✓ pozwól spoinie ostygnąć
- ✓ wyczyść
- ✓ sprawdź kontakt pad → lut → terminal

7 PUNKTY UWAGI

- ⚠ utlenienie
- ⚠ zabrudzenie
- ⚠ zużyty grot
- ⚠ za krótki lub niewłaściwy kontakt cieplny
- ⚠ uszkodzona metalizacja
- ⚠ niewłaściwy topnik/materiał

✗ BŁĘDNIE



BŁĘDNIE: dodawanie coraz większej ilości lutu do brudnego pola

✓ WZORZEC



WZORZEC: czyszczenie → topnik → prawidłowe ogrzanie → mała ilość świeżego lutu

1. Dobra zwilżalność: lut rozpływa się i tworzy łagodne przejście.
2. Zła zwilżalność: lut kulkuje się, cofa lub nie przylega.
3. Sprawdź czystość powierzchni, topnik, grot i transfer ciepła.
4. Nie dodawaj kolejnego lutu, dopóki nie usuniesz przyczyny problemu.

TOPNIK — GDZIE, ILE I PO CO?

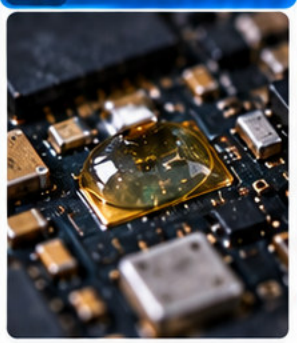
TOPNIK WSPIERA PROCES. NADMIARI NIE ZASTĘPUJE PRZYGOTOWANIA ANI KONTROLI TEMPERATURY.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



1 FUNKCJA TOPNIKA



- Ogranicza utlenianie podczas nagrzewania.
- Wspiera zwilżalność.
- Pomaga lutowi rozpływać się po przygotowanej powierzchni.

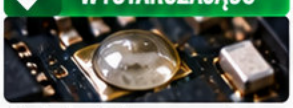
2 ILE?

ZA MAŁO



Powierzchnia szybko się utlenia, lut może nie rozpływać się dobrze.

WYSTARCZAJĄCO



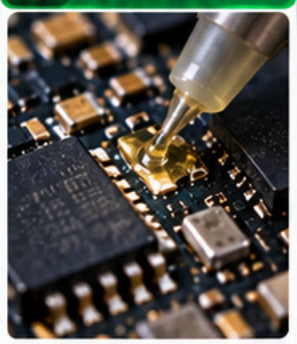
Cienka kontrolowana warstwa w obszarze pracy.

ZA DUŻO



Zalany obszar, trudniejsza obserwacja, więcej pozostałości, brak kontroli nad materialem.

3 GDZIE?



- Na obszarze który ma być lutowany.
- Nie zalewać całej sekcji płyty bez potrzeby.
- Przy padach i wyprowadzeniach objętych operacją.

4 W TRAKCIE PRACY OBSERWUJ



- Czy topnik pozostaje aktywny.
- Czy lut rozpływa się prawidłowo.
- Czy topnik nie ciemnieje gwałtownie.
- Czy powierzchnia nadal jest widoczna.

CIEMNIEJĄCY I PRZYPALAJĄCY SIĘ TOPNIK MOŻE BYĆ SYGNAŁEM NADMIERNEJ EKSPOZYCJI NA CIEPŁO.

KROK PO KROKU — PRAWIDŁOWA APLIKACJA TOPNIKA

1 WYCZYŚĆ



Usuń kurz, brud i pozostałości.

2 NAŁÓŻ MAŁĄ ILOŚĆ



Użyj cienkiej warstwy topnika w obszarze pracy.

3 PODGRZEJ OBSZAR



Nagrzej równomiernie do odpowiedniej temperatury.

4 OBSERWUJ LUT



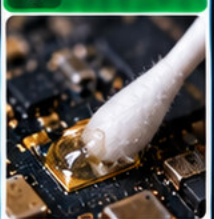
Sprawdź, czy lut rozpływa się prawidłowo.

5 DODAJ WIĘCEJ TYLKO WTEDY GDY JEST TO POTRZEBNE



Używaj minimalnych ilości, tylko gdy jest to konieczne.

6 PO ZAKOŃCZENIU USUŃ POZOSTAŁOŚCI



Usuń pozostałości topnika odpowiednim środkiem czyszczącym.

PORÓWNANIE — APLIKACJA TOPNIKA



LOKALNA, CIENKA WARSTWA

- Tylko na obszarze pracy.
- Dobra kontrola procesu.
- Łatwa obserwacja.
- Mniej pozostałości.



ZA DUŻA ILOŚĆ

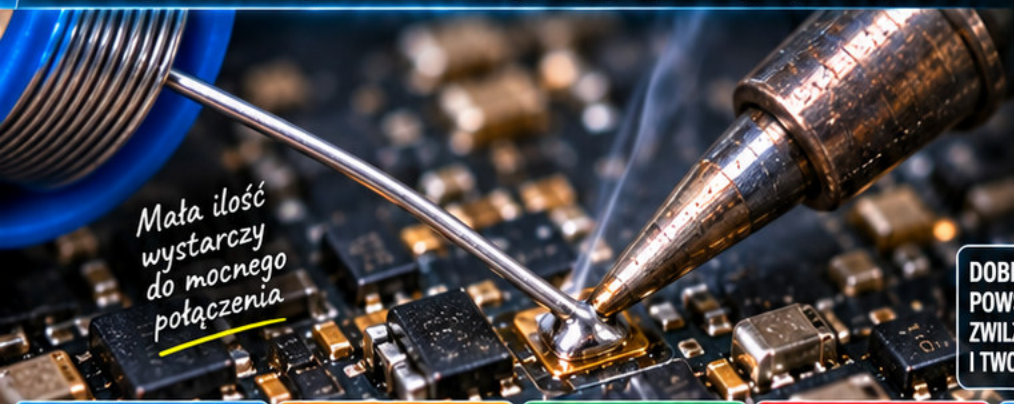
- Zalany obszar.
- Trudniejsza obserwacja.
- Więcej pozostałości.
- Ryzyko mostków.
- Brak kontroli nad materiałem.

DODAWANIE LUTU — MNIEJ, ALE POD KONTROLĄ

Dodawaj materiał stopniowo i obserwuj, kiedy połączenie jest już kompletne.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



DOBRE POŁĄCZENIE POWSTAJE, GDY LUT ZWILŻA PAD I WYPROWADZENIE I TWORZY CIĄGŁĄ SPOINĘ.

1 PRZYGOTUJ POWIERZCHNIĘ



- Powierzchnia czysta i bez zanieczyszczeń.
- Topnik na miejscu.
- Grot czysty i gotowy do pracy.

W PRAKTYCE
Oczyść i sprawdź obszar przed dodaniem lutu.

2 OGRZEJ PUNKT POŁĄCZENIA



- Doprowadź ciepło do padu i wyprowadzenia jednocześnie.
- ✗ Nie top lut wyłącznie na końcówce grotu.
- ✗ Nie maluj zimnej powierzchni lutem.

W PRAKTYCE
Utrzymuj grot tak, aby ogrzewał zarówno pad, jak i wyprowadzenie.

3 DODAJ MAŁĄ ILOŚĆ



- Podawaj lut stopniowo, w małych ilościach.
- Obserwuj, jak lut rozpływa się po powierzchni.

W PRAKTYCE
Przykładaj lut przy powierzchni roboczej, a nie na sam grot.

4 ZATRZYMAJ DODAWANIE



- Pad i terminal są zwilżone.
- Forma jest ciągła i gładka.
- Nie ma potrzeby dodawania większej objętości lutu.

W PRAKTYCE
Gdy połączenie wygląda prawidłowo, przestań dodawać lut.

5 USUŃ CIEPŁO I POZWÓL OSTYGNĄĆ

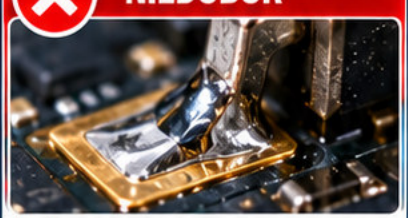


- Odsuń grot i przestań dodawać lut.
- Nie poruszaj połączeniem podczas zestalenia.
- Pozwól spoinie naturalnie ostygnąć.

W PRAKTYCE
Utrzymaj element w spokoju, aż lut całkowicie zastygnie.

PORÓWNANIE — WIDZISZ RÓŻNICĘ?

✗ NIEDOBÓR



- ✗ Niepełny kontakt.
- ✗ Luka między lutem a powierzchnią.
- ✗ Słabe pokrycie padu i wyprowadzenia.

ZBYT MAŁO LUTU = RYZYKO BRAKU POŁĄCZENIA I NIENIESTABILNEJ PRACY.

✓ PRAWIDŁOWO



- ✓ Ciągłe połączenie.
- ✓ Widoczny obrys spoiny.
- ✓ Brak mostków.

WŁAŚCIWA ILOŚĆ LUTU = MOCNE, TRWAŁE I NIEZAWODNE POŁĄCZENIE.

✗ NADMIAR



- ✗ Duża wypukła masa.
- ✗ Zasłonięte wyprowadzenie.
- ✗ Ryzyko mostka z sąsiednimi elementami.

ZBYT WIELE LUTU = WIĘKSZE RYZYKO USTEREK I TRUDNIEJSZE NAPRAWY.

ZAPAMIĘTAJ!

„Dodawaj lut do momentu utworzenia połączenia — nie do momentu utworzenia dużej kropli.”

W PRAKTYCE

- ✓ Utrzymuj grot krótko, tylko tyle, ile potrzeba.
- ✓ Podawaj lut przy powierzchni roboczej.
- ✓ Obserwuj, jak lut zwilża elementy.
- ✓ Przestań dodawać, gdy spoina jest kompletna.

USUWANIE NADMIARU LUTU — KONTROLA BEZ SZARPANIA I NACISKU

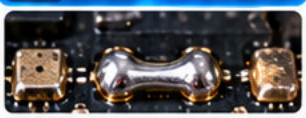
NAJPIERW UPLASTYCZNIJ LUT. DOPIERO POTEM USUŃ JEGO NADMIAR.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 KIEDY USUWAĆ?



- Mostek między wyprowadzeniami.



- Nadmiernie wypukła spoina.



- Zbyt dużo materiału na padzie.



- Konieczność wyrównania padów przed montażem.

2 METODY

A GROT



- Dla małych ilości nadmiaru lutu.
- Czyścić końcówkę między przejściami.
- Pozwolić lutowi migrować na powierzchnię grotu.

B PLECIONKA



- Do wyrównania i usuwania nadmiaru lutu.
- Używać z topnikiem.
- Ogrzewać kontrolowanie.
- Unieść plecionkę dopiero, gdy lut jest płynny.

3 NIE RÓB TEGO



✗ Ciągnąć zimną plecionkę.



✗ Mocno dociskać do padu.



✗ Szorować powierzchnię grotem.



✗ Wielokrotnie przegrzewać ten sam punkt.

4 PRAWIDŁOWY KONIEC



- Powierzchnia wyrównana.
- Pady nadal kompletne.
- Brak mostków.
- Obszar czysty.
- Soldermask nieuszkodzona.

GOTOWE DO DALSZEGO MONTAŻU.

KROK PO KROKU — BEZPIECZNE USUWANIE NADMIARU LUTU

1 NADMIAR LUTU



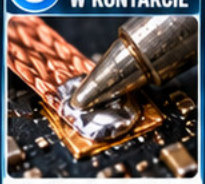
Zidentyfikuj miejsce z nadmiarem lutu.

2 TOPNIK



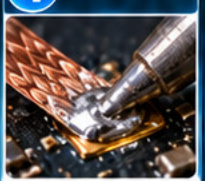
Nałóż topnik na obszar pracy.

3 NARZĘDZIE W KONTAKCIE



Delikatnie przyłóż grot lub plecionkę.

4 LUT PŁYNNY



Poczekaj, aż lut całkowicie się roztopi i zacznie wsiąkać w plecionkę.

5 KONTROLOWANE ODSUNIĘCIE



Unieś narzędzie dopiero, gdy lut jest płynny.

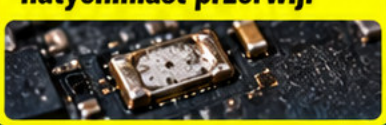
6 PAD CZYSTY



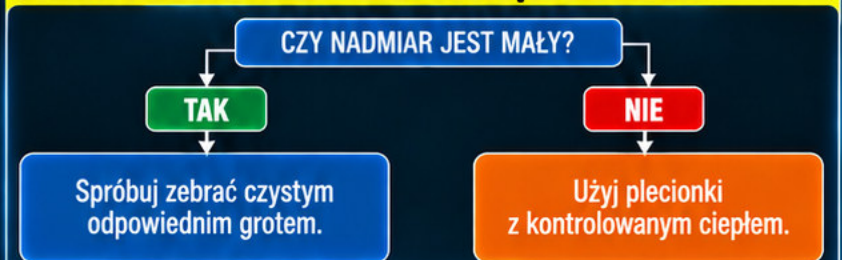
Sprawdź rezultat. Pad powinien być czysty i równy.

UWAGA

Jeżeli pad zaczyna się poruszać lub podnosić — natychmiast przerwij.



DRZEWO DECYZYJNE — JAK USUNĄĆ NADMIAR?

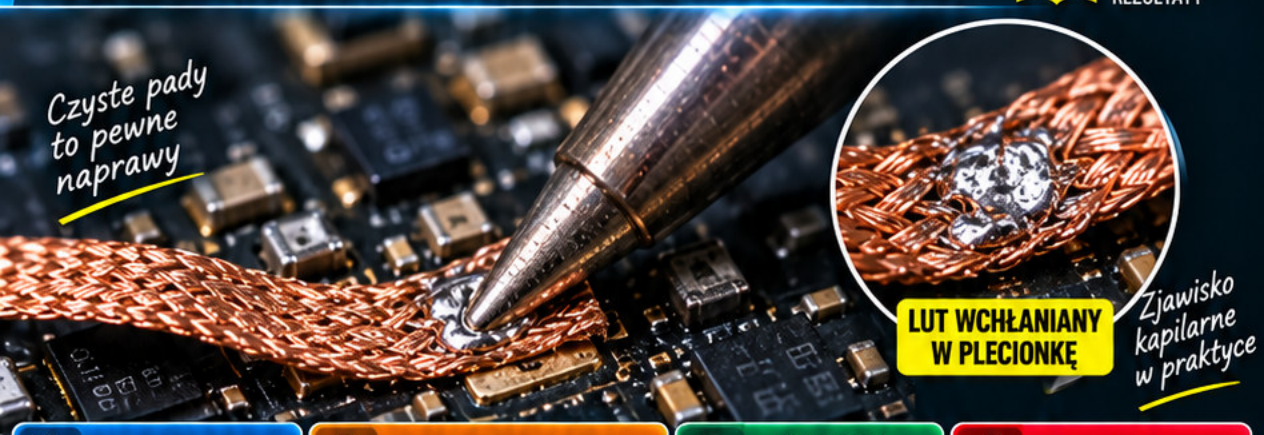


PLECIONKA DO ROZLUTOWYWANIA — USUŃ LUT BEZ USZKADZANIA PADÓW

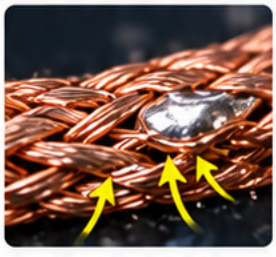
CIEPŁO MA STOPIĆ LUT. SIŁA NIE MOŻE ZASTĘPOWAĆ TEMPERATURY.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 JAK DZIAŁA?



Miedziana plecionka wchłania płynny lut pomiędzy swoje włókna dzięki zjawisku kapilarnemu.



ZJAWISKO KAPILARNE WCIĄGA PŁYNNY LUT

2 PROCEDURA



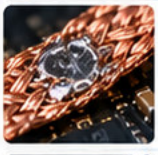
KROK 1 Nałóż niewielką ilość topnika.



KROK 2 Ułóż plecionkę (na lut, bez dużej siły).



KROK 3 Przyłóż grot (na plecionkę, z odpowiednim kontaktem).

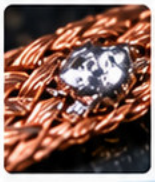


KROK 4 Poczekaj na rozpływ (obserwuj jak lut wchodzi do plecionki).



KROK 5 Unieś grot i plecionkę razem (nie przeciągaj po płycie).

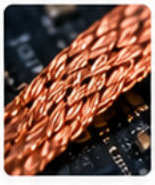
3 SYGNAŁY WIZUALNE



Lut migruje do plecionki.



Powierzchnia się wyrównuje.



Plecionka nie przykleja się.



Pad pozostaje nieruchomy.

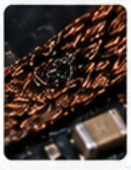
4 BŁĘDY



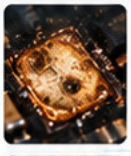
Mocny nacisk.



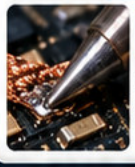
Ciągnięcie na zimno.



Użycie zużytego fragmentu plecionki.



Zbyt długie grzanie.



Za mały grot i nieefektywny kontakt.

UWAGA Jeżeli plecionka przykleiła się do pola, nie ciągnij. Ponownie ogrzej lut i dopiero ją unieś.

PRZED



PO



Ta sama płyta, lepszy rezultat

PRZYGOTOWANIE PADÓW

Czysto, równo i bez uszkodzeń przed montażem.



1. Usuń nadmiar lutu bez szorowania powierzchni.
2. Wyrównaj pady i sprawdź, czy żaden nie jest uniesiony.
3. Wyczyść topnik i luźne pozostałości.
4. Przed montażem potwierdź kompletność i stabilność footprintu.

ROZLUTOWYWANIE LUTOWNICĄ

PRAKTYCZNA WIEDZA
LEPSZE NAPRAW

Najpierw upłynnij lut, potem usuń element. Siła nie zastępuje ciepła.



1 POTWIERDŹ ELEMENT

- ✓ Sprawdź komponent, orientację i liczbę wyprowadzeń.
- ✓ Oceń sąsiednie elementy.

2 PRZYGOTUJ

- ✓ Wyczyść obszar i dodaj mało topnika.
- ✓ W razie potrzeby dodaj odrobinę świeżego lutu.

3 ROZGRZEJ

- ✓ Użyj odpowiedniego grotu.
- ✓ Obserwuj moment, gdy lut staje się płynny.

4 UWOLNIJ

- ✓ Minimalny ruch pęsetą.
- ✓ Jeśli jest opór — przestań ciągnąć i ponownie ogrzej.

Jeżeli trzeba użyć siły, lut nie został jeszcze prawidłowo uwolniony.

SPRAWDŹ PRZED ZAKOŃCZENIEM

- ✓ Powierzchnia jest czysta i widoczna.
- ✓ Nie ma mostków ani luźnych resztek.
- ✓ Komponent jest stabilny i prawidłowo ustawiony.

ROZLUTOWYWANIE HOT AIR

PRAKTYCZNA WIEDZA
LEPSZE NAPRAW

Ogrzewaj równomiernie i podnoś dopiero po pełnym rozpływie.



1 PRZYGOTUJ

- ✓ Potwierdź diagnozę i orientację.
- ✓ Zabezpiecz wrażliwe elementy i ustabilizuj płytę.

2 NAGRZEWAJ

- ✓ Dobierz dyszę i przepływ.
- ✓ Utrzymuj równomierny ruch, nie przegrzewaj punktowo.

3 OBSERWUJ

- ✓ Topnik pracuje, lut staje się płynny.
- ✓ Sąsiednie elementy pozostają stabilne.

4 TESTUJ I PODNIEŚ

- ✓ Dotknij minimalnie z boku — bez podważania.
- ✓ Gdy element porusza się swobodnie, podnieś pionowo.

STOP: opór oznacza, że proces nie jest jeszcze gotowy do usunięcia.

SPRAWDŹ PRZED ZAKOŃCZENIEM

- ✓ Powierzchnia jest czysta i widoczna.
- ✓ Nie ma mostków ani luźnych resztek.
- ✓ Komponent jest stabilny i prawidłowo ustawiony.

POZYCJONOWANIE ELEMENTÓW

PRAKTYCZNA WIEDZA
LEPSZE NAPRAW

Ustaw poprawnie przed lutowaniem — nie używaj ciepła do naprawiania duż



ORIENTACJA

- ✓ Sprawdź polaryzację, pin 1 i oznaczenia.
- ✓ W razie potrzeby porównaj ze zdjęciem lub boardview.

USTAWIENIE

- ✓ Wyśrodkuj komponent nad padami.
- ✓ Wyprowadzenia powinny leżeć naturalnie na polach.

PRZYŁAP PUNKT

- ✓ Przylutuj jeden koniec.
- ✓ Skoryguj pozycję przed utrwaleniem pozostałych połączeń.

KONTROLA

- ✓ Obejrzyj z góry i pod kątem.
- ✓ Potwierdź centrowanie i zgodność wszystkich wyprowadzeń.

Element może pasować mechanicznie, a nadal być ustawiony elektrycznie nieprawidłowo.

SPRAWDŹ PRZED ZAKOŃCZENIEM

- ✓ Powierzchnia jest czysta i widoczna.
- ✓ Nie ma mostków ani luźnych resztek.
- ✓ Komponent jest stabilny i prawidłowo ustawiony.

PONOWNE LUTOWANIE

Odtwórz spoinę tylko po potwierdzeniu problemu — nie nagrz be

PRAKTYCZNA WIEDZA
LEPSZE NAPRAW



KIEDY?

- ✓ Pęknięta, matowa lub nieregularna spoina.
- ✓ Potwierdzona mała przyczepność lub luźne wyprowadzenie.

PRZYGOTUJ

- ✓ Wyczyść i ustabilizuj obszar.
- ✓ Nałóż minimalną ilość topnika.

WYKONAJ

- ✓ Ogrzej pad i terminal razem.
- ✓ Dodaj świeżego lutu tylko wtedy, gdy jest potrzebny.

ZAKOŃCZ

- ✓ Pozwól spoinie zastygnąć bez ruchu.
- ✓ Wyczyść i obejrzyj pod mikroskopem.

Najpierw diagnoza. Potem kontrolowane odtworzenie spoiny.

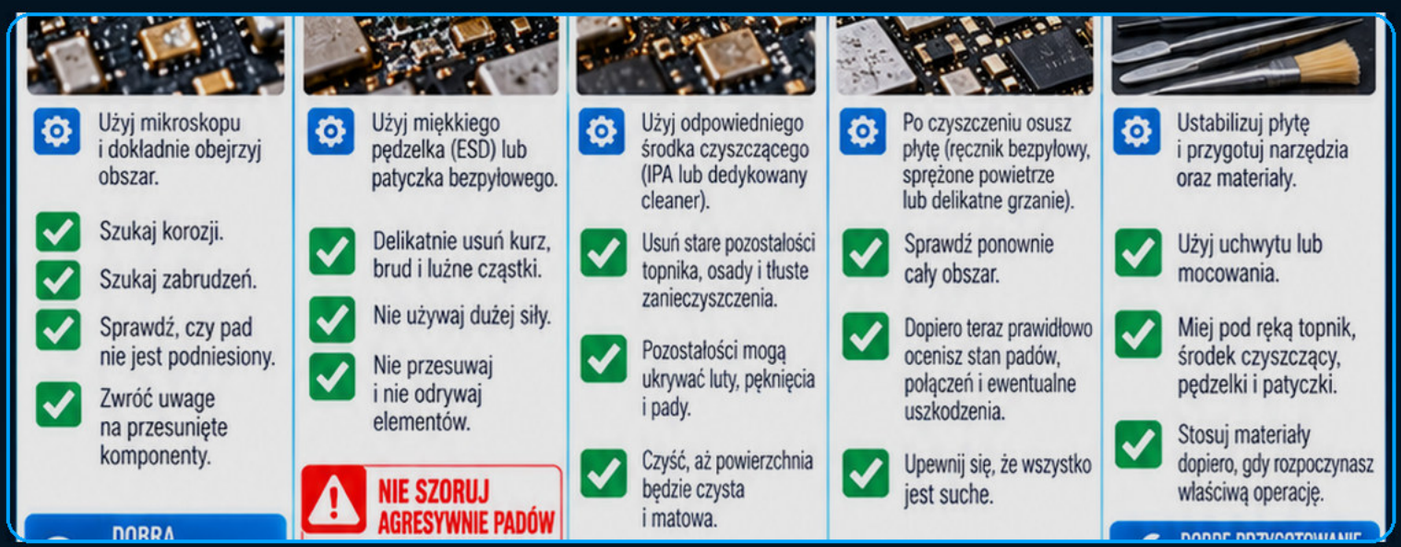
SPRAWDŹ PRZED ZAKOŃCZENIEM

- ✓ Powierzchnia jest czysta i widoczna.
- ✓ Nie ma mostków ani luźnych resztek.
- ✓ Komponent jest stabilny i prawidłowo ustawiony.

CZYSZCZENIE PO LUTOWANIU

PRAKTYCZNA WIEDZA
LEPSZE NAPRAW

Dopiero po czyszczeniu można wiarygodnie ocenić wynik naprawy.



1 OSTUDŹ

- ✓ Nie poruszaj świeżej spoiny.
- ✓ Pozwól obszarowi spokojnie ostygnąć.

2 USUŃ POZOSTAŁOŚCI

- ✓ Czyść delikatnie odpowiednim środkiem.
- ✓ Nie zahaczaj szczoteczką o małe elementy.

3 WYSUSZ

- ✓ Usuń płyn i smugi utrudniające oględziny.

4 OBEJRZYJ

- ✓ Sprawdź z góry, z boku i między wyprowadzeniami.
- ✓ Szukaj mostków, kulek lutu i przesunięć.

Czysta powierzchnia nie oznacza automatycznie prawidłowej naprawy — dopiero umożliwia jej ocenę.

SPRAWDŹ PRZED ZAKOŃCZENIEM

- ✓ Powierzchnia jest czysta i widoczna.
- ✓ Nie ma mostków ani luźnych resztek.
- ✓ Komponent jest stabilny i prawidłowo ustawiony.

JAK ROZPOZNAĆ WADLIWE LUTOWANIE?

PRAKTYCZNA WIEDZA
LEPSZE NAPRAW

Kształt, zwilżenie, pozycja i czystość spoiny mówią więcej niż sama obecnoś



BRAK ZWILŻENIA

✓ Lut wygląda jak kropla i nie rozpływa się po padzie.

ZIMNA / NIEPEŁNA

✓ Nieregularna powierzchnia, słabe połączenie i możliwy ruch mechaniczny.

MOSTEK

✓ Lut łączy punkty, które powinny być odseparowane.

PRZESUNIĘCIE / ILOŚĆ

✓ Sprawdź nadmiar, niedobór oraz położenie komponentu względem padów.

Oceniaj dowody, nie tylko wygląd.

SPRAWDŹ PRZED ZAKOŃCZENIEM

- ✓ Powierzchnia jest czysta i widoczna.
- ✓ Nie ma mostków ani luźnych resztek.
- ✓ Komponent jest stabilny i prawidłowo ustawiony.

MOSTEK, NADMIAR CZY NIEDOBÓR?

PRAKTYCZNA WIEDZA
LEPSZE NAPRAW

Rozpoznaj problem przed poprawką — każda wada wymaga innego działania



MOSTEK

- ✓ Lut łączy sąsiednie piny/pady.
- ✓ Topnik + czysty grot lub plecionka; usuń tylko nadmiar.

NADMIAR ⚠

- ✓ Za duża objętość, obrys wyprowadzenia znika.
- ✓ Zbierz część lutu, zachowując prawidłowe połączenie.

NIEDOBÓR ⚠

- ✓ Niepełny kontakt lub odsłonięta szczelina.
- ✓ Ogrzej pad i terminal razem, dodaj małą ilość lutu.

CEL

- ✓ Tyle lutu, ile potrzeba do stabilnego połączenia — bez zwarcia i bez pustych miejsc.

Najpierw rozpoznaj typ wady. Dopiero potem dobierz poprawkę.

SPRAWDŹ PRZED ZAKOŃCZENIEM

- ✓ Powierzchnia jest czysta i widoczna.
- ✓ Nie ma mostków ani luźnych resztek.
- ✓ Komponent jest stabilny i prawidłowo ustawiony.

PRAWIDŁOWE WYKOŃCZENIE

PRAKTYCZNA WIEDZA
LEPSZE NAPRAW

Naprawa kończy się dopiero wtedy, gdy wynik został sprawdzony.



1 ZATRZYMAJ CIEPŁO

- ✓ Gdy spoina ma właściwy kształt, zakończ grzanie.

2 NIE PORUSZAJ

- ✓ Pozwól połączeniu zastygnąć bez przesuwania komponentu.

3 WYCZYŚ I OBEJRZYJ

- ✓ Usuń pozostałości i skontroluj mikroskopem z kilku kątów.

4 POTWIERDŹ

- ✓ Brak mostków, nadmiaru, niedoboru i przesunięć.
- ✓ Pady całe, sąsiednie elementy na miejscu.

Najlepsza spoina jest poprawna, kontrolowana i powtarzalna.

SPRAWDŹ PRZED ZAKOŃCZENIEM

- ✓ Powierzchnia jest czysta i widoczna.
- ✓ Nie ma mostków ani luźnych resztek.
- ✓ Komponent jest stabilny i prawidłowo ustawiony.

MODUŁ 3 — DEMONTAŻ I WYMIANA ELEMENTÓW

PRAKTYCZNA WIEDZA
LEPSZE NAPRAW

Od małych SMD po układy scalone i złącza — dobierz proces do komponentu



MAŁE SMD

- ✓ Rezystory, kondensatory, diody i filtry.

PÓŁPRZEWODNIKI

- ✓ MOSFET-y, tranzystory i małe układy scalone.

ZŁĄCZA I PLASTIK

- ✓ Elementy wymagające szczególnej kontroli ciepła.

ZASADA MODUŁU

- ✓ Rozpoznaj element → oceń otoczenie → dobierz proces → wykonaj → sprawdź.

Nie każdy komponent usuwa się tak samo.

SPRAWDŹ PRZED ZAKOŃCZENIEM

- ✓ Powierzchnia jest czysta i widoczna.
- ✓ Nie ma mostków ani luźnych resztek.
- ✓ Komponent jest stabilny i prawidłowo ustawiony.

MAŁE KOMPONENTY SMD

Kontrola, ustawienie i minimalna ilość materiału.

PRAKTYCZNA WIEDZA
LEPSZE NAPRAW



1 ZIDENTYFIKUJ

- ✓ Rozpoznaj obudowę i liczbę terminali.
- ✓ Sprawdź polaryzację i położenie przed demontażem.

2 PRZYGOTUJ

- ✓ Mikroskop, precyzyjna pęseta, grot lub hot air, mało topnika.

3 USUŃ

- ✓ Ogrzej oba końce zgodnie z konstrukcją.
- ✓ Nie ciągnij, jeśli element nie porusza się swobodnie.

4 ZAMONTUJ I SPRAWDŹ

- ✓ Przygotuj pady, ustaw centralnie, przylutuj jeden punkt i skoryguj.
- ✓ Potwierdź wyśrodkowanie, zwilżenie i brak mostków.

Mały komponent wymaga małej, kontrolowanej ilości materiału.

SPRAWDŹ PRZED ZAKOŃCZENIEM

- ✓ Powierzchnia jest czysta i widoczna.
- ✓ Nie ma mostków ani luźnych resztek.
- ✓ Komponent jest stabilny i prawidłowo ustawiony.

REZYSTORY I KONDENSATORY SMD
PODOBNY MONTAŻ, RÓŻNE FUNKCJE

Rozpoznaj element, sprawdź polaryzację i kontroluj ilość lutu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 ROZPOZNAJ



REZYSTOR

- dwa wyprowadzenia
- zwykle niespolaryzowany
- może mieć oznaczenie lub nie



KONDENSATOR

- dwa wyprowadzenia
- część typów jest niespolaryzowana
- niektóre wymagają zachowania polaryzacji

Nie zakładaj polaryzacji na podstawie samego wyglądu — sprawdź typ komponentu.

2 USUŃ



- zastosuj topnik
- ogrzej oba końce równomiernie
- nie podważaj
- zdejmij pęsetą dopiero po upłynnieniu lutu

3 PRZYGOTUJ PADY



- usuń nadmiar lutu
- wyrównaj powierzchnię
- wyczyść
- sprawdź, czy oba pady są stabilne

4 ZAMONTUJ



- ustaw element centralnie
- przylutuj jeden koniec
- skoryguj pozycję
- przylutuj drugi
- obejrzyj obie strony pod mikroskopem

POPRAWNOŚĆ MONTAŻU — PRZYKŁADY

✓ RÓWNO



- oba końce leżą na padach
- komponent płasko przylega

✗ KRZYWO



- jeden terminal poza centrum

✗ ZA DUŻO LUTU



- duża masa zasłania terminal

✗ UNIESIONY KONIEC



- efekt tombstoning

SPRAWDŹ PO MONTAŻU

- właściwy komponent
- właściwa orientacja
- dwa pewne połączenia
- brak mostków
- brak przesunięcia

MAŁE ELEMENTY — WIELKIE ZNACZENIE

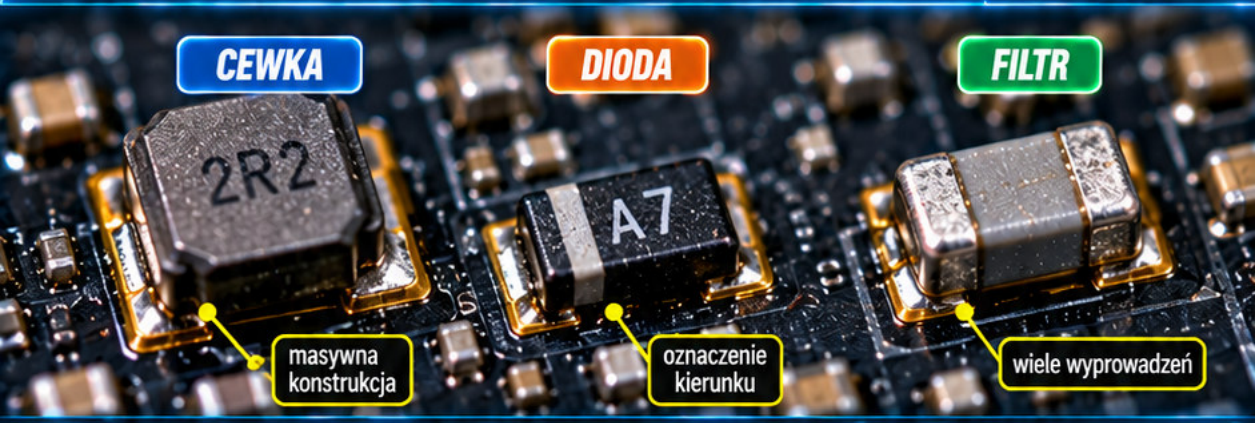
PRECYZJA • KONTROLA • POWTARZALNE REZULTATY

CEWKI, DIODY I FILTRY
ROZPOZNAJ ORIENTACJĘ I KONSTRUKCJĘ

Nie każdy komponent o podobnym rozmiarze zachowuje się tak samo podczas demontażu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 CEWKI



- większa masa termiczna
- cięższe od wielu rezystorów i kondensatorów
- wymagają stabilnego chwytu
- często potrzebują skuteczniejszego przekazania ciepła

2 DIODY



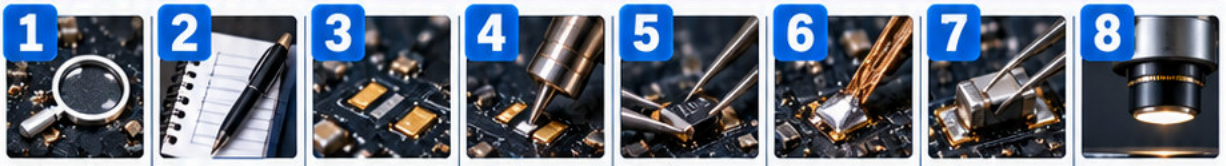
- często spolaryzowane
- orientacja ma znaczenie
- zanotuj znak przed demontażem

3 FILTRY

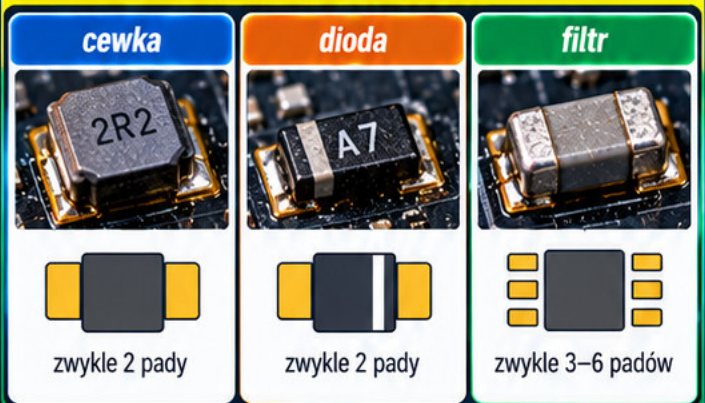


- mogą mieć więcej niż dwa pola
- układ wyprowadzeń bywa symetryczny wizualnie, ale nie elektrycznie
- potwierdź pozycję przed zdjęciem

PROCEDURA OGÓLNA



PORÓWNANIE KOMPONENTÓW



Podobny wygląd nie oznacza zamienności.

CZY KOMPONENT MA OZNACZONĄ ORIENTACJĘ?

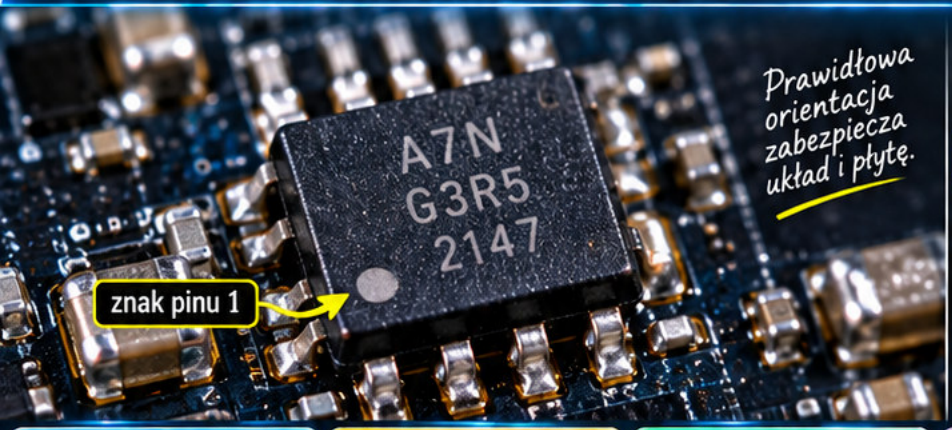


MOSFET-y I PÓŁPRZEWODNIKI
KONTROLA ORIENTACJI I TEMPERATURY

Więcej wyprowadzeń oznacza większą potrzebę kontroli ustawienia, ciepła i inspekcji.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY





SZCZEGÓŁ OZNACZENIA PINU 1

Kropka, faza, nacięcie lub inny znak określa pin 1.

1 PRZED DEMONTAŻEM



- ☑ odczytaj oznaczenie
- ☑ zrób zdjęcie orientacji
- ☑ sprawdź pin 1 / znak obudowy
- ☑ oceń, czy jest pad termiczny

2 PODCZAS USUWANIA



- ☑ zastosuj topnik
- ☑ grzej równomiernie
- ☑ nie unoś jednego boku na siłę
- ☑ poczekaj na pełne uwolnienie wszystkich połączeń

3 PRZY MONTAŻU



- ☑ wyrównaj wszystkie pady
- ☑ kontroluj ilość lutu pod polem termicznym
- ☑ pilnuj, aby element nie pływał po nadmiarze lutu
- ☑ ustaw zgodnie z pinem 1

4 PO MONTAŻU



- ☑ sprawdź boczne wyprowadzenia
- ☑ sprawdź mostki
- ☑ sprawdź centrowanie
- ☑ sprawdź, czy komponent leży płasko

TYPOWE BŁĘDY MONTAŻU — PRZYKŁADY

✓ POPRAWNIE USTAWIONY



- ☑ prawidłowa orientacja
- ☑ równe odstępy
- ☑ brak mostków
- ☑ leży płasko na padach

✗ OBRÓCONY 180°



- ☒ zła orientacja
- ☒ może nie działać
- ☒ ryzyko uszkodzenia układu

✗ MOSTEK MIĘDZY PINAMI



- ☒ zwarcie między wyprowadzeniami
- ☒ niestabilna praca
- ☒ ryzyko uszkodzenia komponentu

✗ JEDNA STRONA UNIESIONA



- ☒ słaby kontakt
- ☒ nierówne grzanie
- ☒ może odpaść w trakcie pracy

Przy półprzewodniku poprawna geometria montażu jest równie ważna jak obecność lutu.

MAŁE ELEMENTY — WIELKIE ZNACZENIE

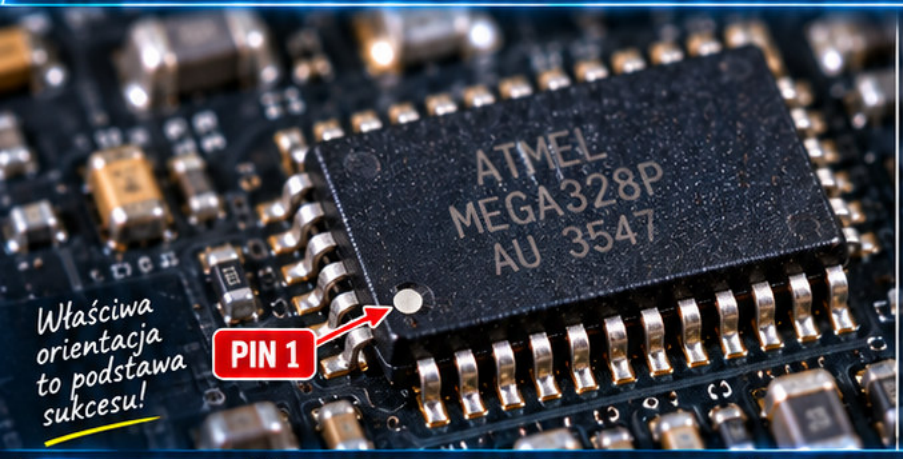
PRECYZJA • KONTROLA • POWTARZALNE REZULTATY

UKŁADY SCALONE
WIELOPINOWE ELEMENTY WYMAGAJĄ PLANU

Najpierw orientacja i przygotowanie padów. Dopiero potem montaż.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAnapraw

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Właściwa orientacja to podstawa sukcesu!



POPRAWNIE WYKONANE LUTOWANIE

Równe, błyszczące luty i brak mostków między nogami.

1 ZIDENTYFIKUJ



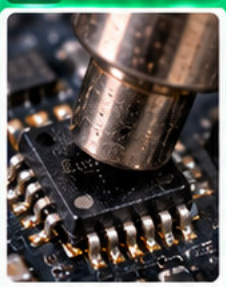
- oznaczenie
- pin 1
- liczba wyprowadzeń
- typ obudowy

2 ZABEZPIECZ OTOCZENIE



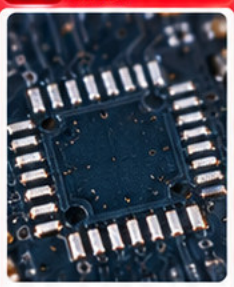
- elementy blisko
- plastikowe złącza
- małe SMD
- obszar wrażliwy termicznie

3 USUŃ



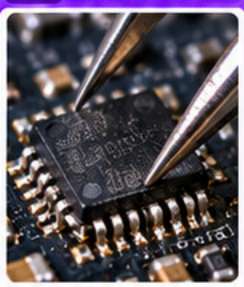
- hot air lub odpowiednia technika zależnie od obudowy
- równomierne grzanie
- minimalny test ruchu
- pionowe podniesienie

4 PRZYGOTUJ PADY



- usuń nadmiar
- wyrównaj
- wyczyść
- sprawdź, czy wszystkie pady są kompletne

5 ZAMONTUJ I SPRAWDŹ



- pin 1 we właściwym miejscu
- centrowanie
- lutowanie bez mostków
- inspekcja wszystkich stron

RYZYKA



przesunięcie o jeden pin



obrót 90° / 180°

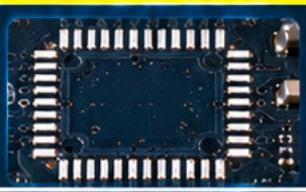


mostek na dwóch nogach



podniesiony narożnik

CZY WSZYSTKIE PADY SĄ WIDOCZNE I KOMPLETNE?



NIE → NAPRAWA PADÓW PRZED MONTAŻEM.

TAK → USTAW PIN 1 I KONTYNUUJ.

PLAN • PRECYZJA • KONTROLA — STABILNE REZULTATY

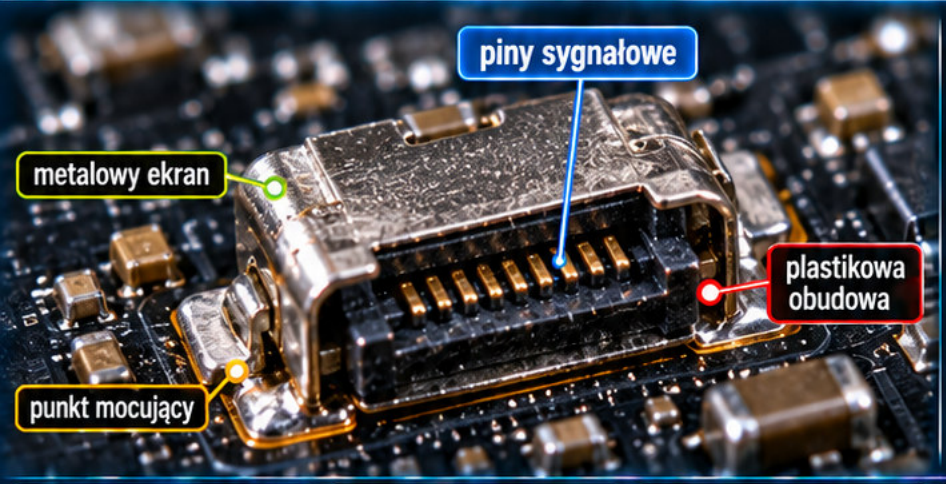
ZŁĄCZA

POŁĄCZENIE LUTOWNICZE I MECHANICZNE W JEDNYM ELEMENCIE

Podczas demontażu muszą zostać uwolnione zarówno piny sygnałowe, jak i punkty mocujące.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY





PUNKTY MOCUJĄCE (KOTWY)

Zapewniają stabilność mechaniczną złącza. Muszą być całkowicie rozlutowane przed wyjęciem elementu.

1 ROZPOZNAJ KONSTRUKCJĘ



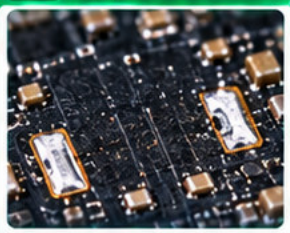
- piny sygnałowe
- punkty mocujące
- metalowy ekran
- plastikowa obudowa

2 DEMONTAŻ



- topnik
- odpowiednia ochrona termiczna
- równomierne ogrzanie
- upewnij się, że kotwy są płynne
- nie ciągnij za plastik

3 PRZYGOTOWANIE PÓL



- wyrównaj piny
- usuń nadmiar lutu z kotew
- sprawdź, czy pady sygnałowe są całe

4 MONTAŻ



- ustaw złącze mechanicznie
- najpierw ustabilizuj pozycję
- następnie połącz piny
- na końcu sprawdź kotwy

NAJCZĘSTSZY BŁĄD

Piny są płynne, ale kotwa nadal trzyma → operator używa siły → pad zostaje wyrwany.

ZŁĄCZE TO NIE TYLKO PINY

Piny sygnałowe, punkty mocujące i plastikowa obudowa — wszystko w jednym elemencie.

PORÓWNANIE — PRZYKŁADY Z PRAKTYKI

PRAWIDŁOWO



- piny i kotwy poprawnie przylutowane
- równe położenie
- brak uszkodzeń plastiku

JEDNA STRONA UNIESIONA



- niedolutowana kotwa
- brak stabilności mechanicznej
- ryzyko wyrwania padów

STOPIONY PLASTIK



- zbyt wysoka temperatura
- uszkodzona obudowa
- konieczność wymiany elementu

WYRWANY PAD KOTWY



- pad oderwany od płytki
- trwałe uszkodzenie
- wymaga naprawy ścieżek lub wymiany płyty

MAŁE ELEMENTY — WIELKIE ZNACZENIE

PRECYZJA • KONTROLA • POWTARZALNE REZULTATY

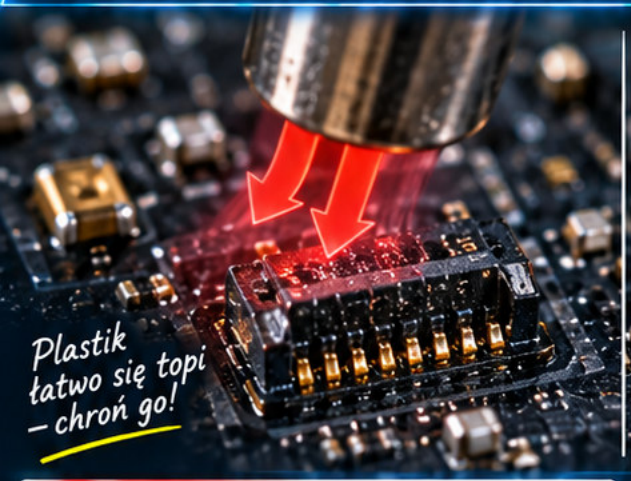
PRACA PRZY PLASTIKU

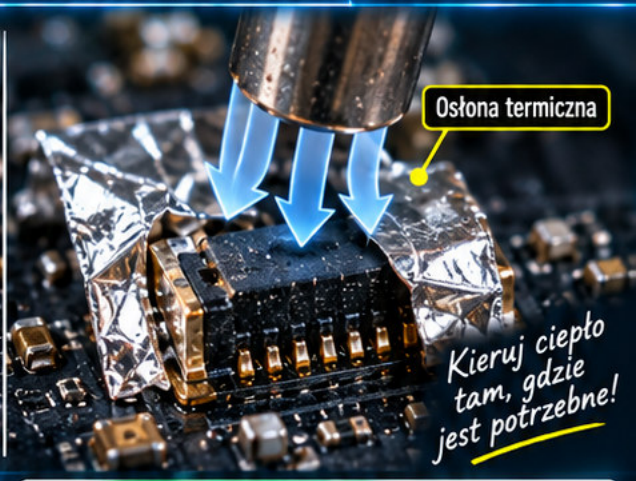
CIEPŁO MUSI BYĆ KIEROWANE, NIE ROZPRASZANE

Stopiony plastik oznacza, że ochrona i kontrola procesu były niewystarczające.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY





RYZYKA

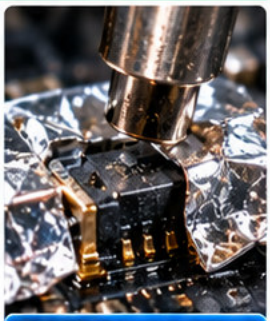
- deformacja złącza
- stopienie obudowy
- przesunięcie pinów wewnętrznych
- odkształcenie flexa
- utrata mechanicznej stabilności



Stopiony plastik.

JAK CHRONIĆ?

- ogranicz kierunek hot air
- zastosuj osłonę
- użyj odpowiedniej dyszy
- skróć czas
- rozważ lutownicę zamiast hot air, gdy daje większą kontrolę.



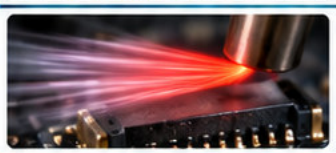
Zabezpieczony element.

Ochrona termiczna nie naprawia złej techniki — tylko wspiera dobrą.

BŁĘDNIE



Dysza kierowana bezpośrednio na plastik.



Wysoki przepływ.



Długie grzanie.

PRAWIDŁOWO



Strumień ekranowany i skupiony na metalowym polu.



Kontrolowany przepływ.



Krótki, skuteczny proces.

PRECYZJA
WŁAŚCIWY KIERUNEK I PARAMETRY

KONTROLA
MNIEJ RYZYKA USZKODZEŃ

LEPSZE REZULTATY
BEZPIECZNA I TRWAŁA NAPRAWA

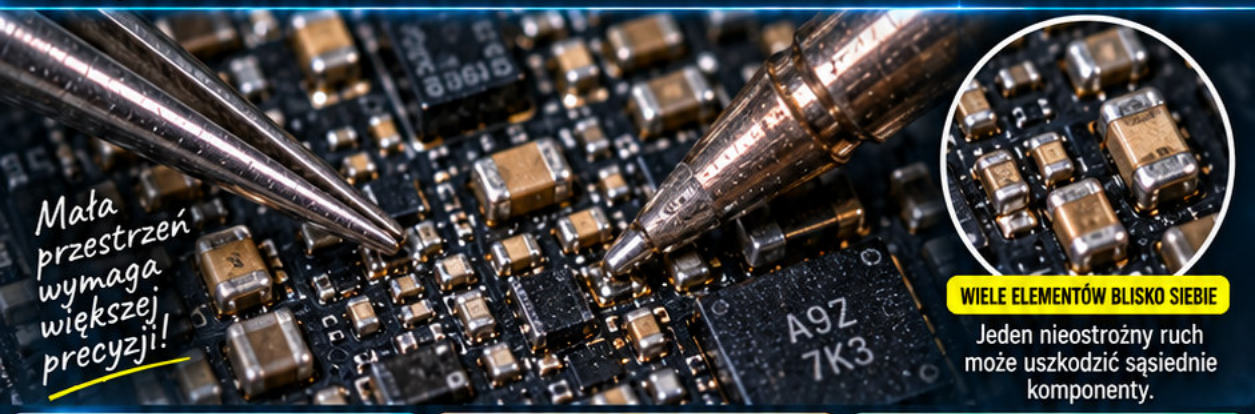
GĘSTO UPAKOWANA PŁYTA

MAŁO MIEJSCA, WIĘCEJ KONTROLI

Im ciaśniejszy obszar, tym ważniejsze są geometria narzędzia, powiększenie i kierunek ruchu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



WIELE ELEMENTÓW BLISKO SIEBIE

Jeden nieostrożny ruch może uszkodzić sąsiednie komponenty.

1 PRZED ROZPOCZĘCIEM



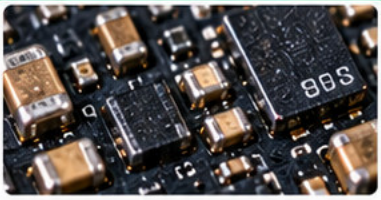
- zidentyfikuj komponent docelowy
- sprawdź odległość do sąsiednich elementów
- wybierz odpowiedni grot
- dobierz pęsetę
- zaplanuj kierunek wyjęcia

2 PODCZAS PRACY



- ogranicz ilość topnika
- kontroluj hot air
- nie opieraj narzędzia o sąsiednie SMD
- unikaj szerokich ruchów pęsetą

3 PO PRACY



- porównaj otoczenie ze zdjęciem sprzed demontażu
- sprawdź, czy nic nie przesunęło się
- szukaj luźnych kulek lutu

DOBÓR NARZĘDZI — MA TO ZNACZENIE

duży grot między małymi SMD



Zbyt duży grot może jednocześnie dotknąć sąsiednich elementów.

mały lub średni grot dobrze dobrany



Umożliwia precyzyjną pracę bez ryzyka uszkodzeń.

gruby chwyt pęsetą



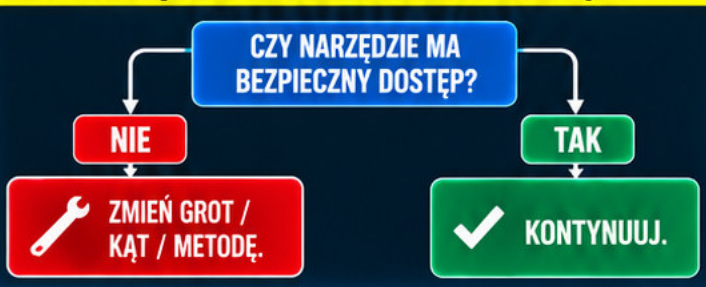
Utrudnia manewrowanie w ciasnym obszarze.

precyzyjna pęseta



Zapewnia pewny chwyt i pełną kontrolę.

CZY NARZĘDZIE MA BEZPIECZNY DOSTĘP?



DODATKOWE WSKAZÓWKI

- Używaj powiększenia.
- Pracuj stabilnie, opierając dłonie.
- Utrzymuj czystość końcówki grota.
- Kontroluj temperaturę.
- Cierpliwość zapobiega uszkodzeniom.

WIĘKSZA PRECYZJA — MNIEJSZE RYZYKO

OBSERWUJ • KONTROLUJ • LUTUJ ŚWIADOMIE

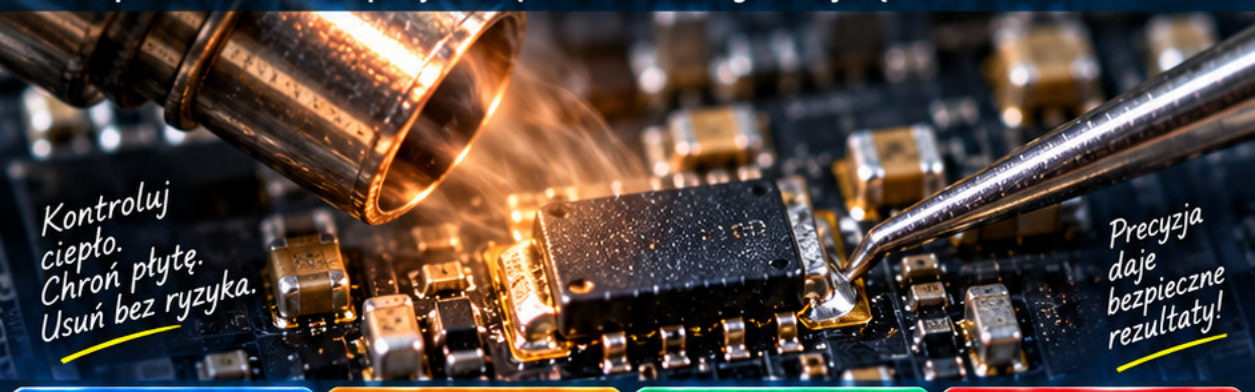
KONTROLA TERMICZNA PODCZAS DEMONTAŻU

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

CELEM JEST STOPIENIE POŁĄCZEŃ, NIE MAKSYMALNE NAGRZANIE CAŁEJ PŁYTY

Temperatura sama nie opisuje obciążenia termicznego. Liczy się również czas.



1 OBSERWUJ KOMPONENT



- ruch
- zmiana zachowania topnika
- reakcja lutu
- stabilność sąsiednich elementów

Komponent powinien sam się poruszać, nie wymuszaj siły.

2 OBSERWUJ PŁYTĘ



- maska soldermask
- odbarwienia
- kleje
- plastik
- komponenty obok

Nadmierna temperatura może trwale uszkodzić płytę.

3 STERUJ PROCESEM



- temperatura
- czas
- ruch
- przepływ
- odległość
- masa końcówki / dyszy

Używaj możliwie niskich parametrów, które dają efekt.

4 STOP, JEŚLI...



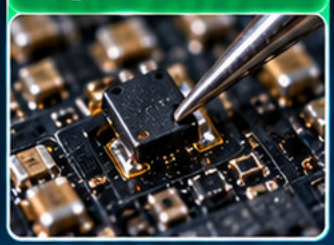
- topnik intensywnie się pali
- plastik zaczyna się deformować
- soldermask wyraźnie zmienia kolor
- sąsiednie komponenty pływają
- pad zaczyna się podnosić

Natychmiast przerwij ogrzewanie, aby uniknąć trwałych uszkodzeń.

CZY KOMPONENT JEST JUŻ UWOLNIONY?

TAK

USUŃ.



NIE

CZY PROCES JEST STABILNY I BEZ OZNAK PRZEGRZANIA?

TAK

KONTYNUUJ KRÓTKO.

NIE

ZATRZYMAJ I SKORYGUJ.

DODATKOWE WSKAZÓWKI

- Używaj topnika.
- Pracuj etapami.
- Pozwól komponentowi ostygnąć po demontażu.
- Sprawdź stan padów.
- Oczyść pozostałości topnika.
- Oceń otoczenie przed kolejnym elementem.

KONTROLOWANE CIEPŁO — PEWNY DEMONTAŻ

OBSERWACJA • KONTROLA • BEZPIECZEŃSTWO • LEPSZE REZULTATY

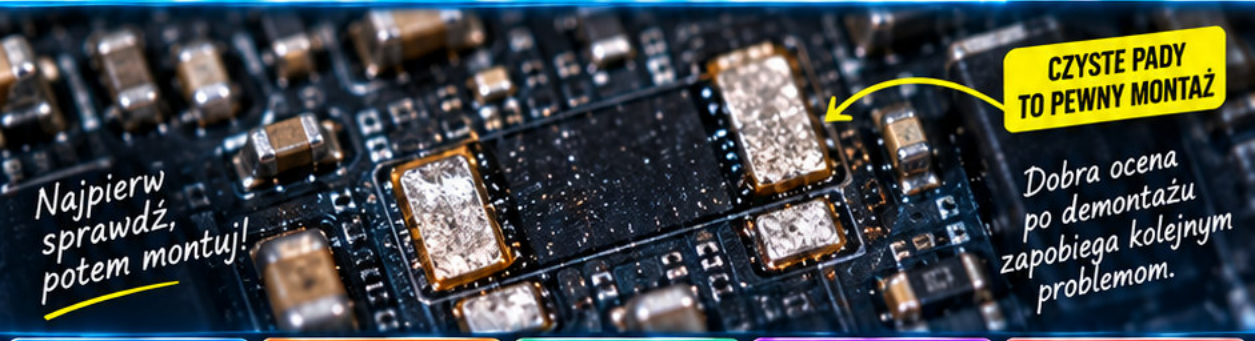
PO DEMONTAŻU — NAJPIERW PADY, POTEM NOWY KOMPONENT

PRAKTYCZNA WIEDZA LEPSZE NAPRAWY

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

NIE ZAKRYWAJ PROBLEMU NOWYM ELEMENTEM. NAJPIERW OCEŃ POWIERZCHNIĘ.

Usunięcie komponentu pokazuje prawdziwy stan płyty.



1 CZY WSZYSTKIE PADY SĄ OBECNE?



- TAK — KONTYNUUJ
- NIE — REKONSTRUKCJA KONIECZNA

2 CZY KTÓRYŚ PAD JEST UNIESIONY?



- NIE — KONTYNUUJ
- TAK — REKONSTRUKCJA KONIECZNA

PORUSZAJĄCY SIĘ PAD = WARUNEK STOPU

3 CZY JEST NADMIAR LUTU?



- NIE — KONTYNUUJ
- TAK — WYRÓWNAJ KONTROLOWANIE

4 CZY POWIERZCHNIA JEST CZYSTA?



- TAK — KONTYNUUJ
- NIE — USUŃ TOPNIK I ZANIECZYSZCZENIA

5 CZY JEST USZKODZONA MASKA / ŚCIEŻKA?



- NIE — KONTYNUUJ
- TAK — ZAZNACZ DO DALSZEJ OCENY

PRZYKŁADY STANU PADÓW PO DEMONTAŻU

PADY KOMPLETNE I WYRÓWNANE



- wszystkie pady obecne
- równa powierzchnia
- bez uszkodzeń
- gotowe do montażu

PAD CZĘŚCIOWO USZKODZONY



- część pada brakująca
- wymaga rekonstrukcji
- sprawdź połączenia
- dobierz odpowiednią metodę naprawy

PAD WYRWANY



- brak pada
- widoczne pole lutownicze
- konieczna rekonstrukcja
- sprawdź przebieg ścieżki

NIE MONTUJ, JEŚLI...

- pad się rusza
- ścieżka jest przerwana
- pole jest zwęglone
- nie można potwierdzić funkcji uszkodzonego punktu

Uszkodzony pad nie zawsze oznacza koniec naprawy — ale wymaga innej procedury.

OBSERWUJ • ANALIZUJ • PODEJMUJ WŁAŚCIWE DECYZJE

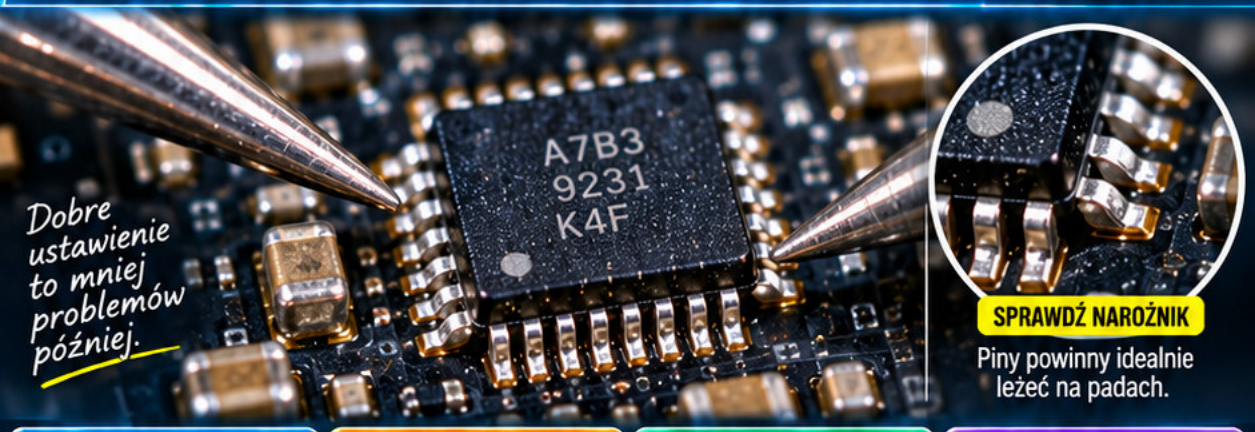
DOKŁADNA OCENA TO MNIEJ PROBLEMÓW I TRWAŁE NAPRAWY

POZYCJONOWANIE I WYRÓWNANIE
USTAW RAZ, SPRAWDŹ DWA RAZY

Im więcej wyprowadzeń, tym mniejszy margines błędu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

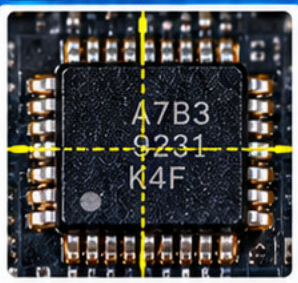
TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



SPRAWDŹ NAROŻNIK

Piny powinny idealnie leżeć na padach.

1 USTAWIENIE Z GÓRY



- krawędzie równoległe
- znaczniki zgodne
- wszystkie piny nad padami

2 KONTROLA NAROŻNIKÓW



- sprawdź każdy róg
- IC nie może być obrócony wokół środka

3 KONTROLA BOKÓW



- piny powinny leżeć na swoich padach
- nie mogą zachodzić na sąsiednie

4 PUNKT KOTWICZĄCY



- przyłap jeden róg / jeden pin
- ponownie sprawdź
- dopiero potem utrwal resztę

PORÓWNANIE USTAWIENIA — PRZYKŁADY

✓ CENTRALNIE



Prawidłowe ustawienie.

✗ PRZESUNIĘTE W LEWO



Piny nie leżą na padach.

✗ PRZESUNIĘTE O JEDEN PIN



Część pinów poza padami.

✗ LEKKO OBRÓCONE



Nierównomierne odstępy po bokach.

W PRAKTYCE



- Pod mikroskopem użyj obrysu padów jako prowadnicy.

PAMIĘTAJ

Nie poprawiaj dużego błędu dużą ilością lutu.

PRECYZJA DZIŚ — STABILNE URZĄDZENIA JUTRO

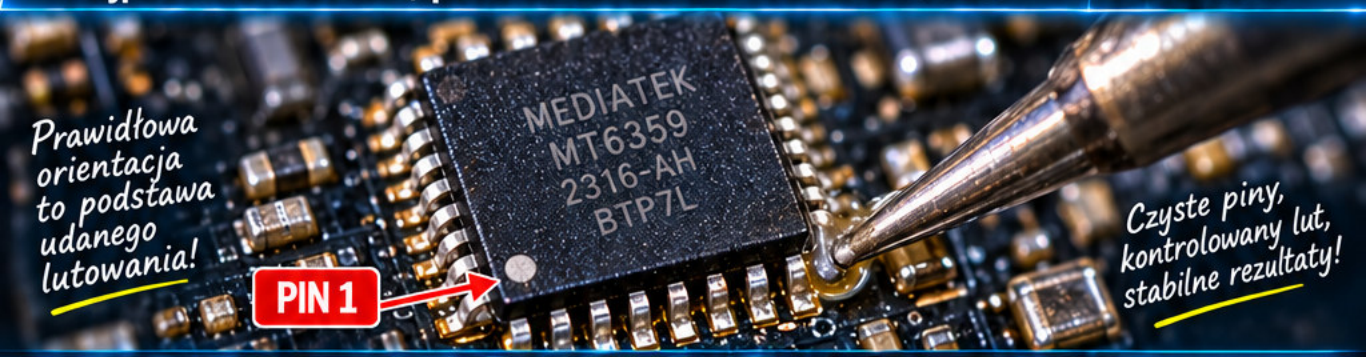
WIEDZA • PRAKTYKA • LEPSZE REZULTATY

PONOWNE LUTOWANIE ELEMENTÓW WIELOPINOWYCH

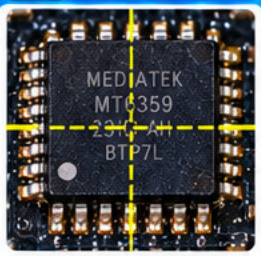
Najpierw ustawienie, potem zwilżenie — nie odwrotnie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 USTAW



- potwierdź pin 1
- wyrównaj wszystkie boki
- sprawdź, czy żaden pin nie leży poza padem

2 PRZYŁAP



- przylutuj jeden narożnik
- sprawdź ustawienie
- przyłap przeciwległy narożnik

3 DODAJ TOPNIK



- cienka, kontrolowana warstwa
- bez zalewania całego obszaru

4 LUTUJ



- pracuj kolejno po bokach
- używaj małej ilości lutu
- kontroluj mostki po każdej sekcji

5 SPRAWDŹ



- wszystkie piny
- wszystkie narożniki
- brak zwarć
- komponent leży płasko

JEŻELI POWSTANIE MOSTEK



- zatrzymaj dodawanie lutu
- dodaj niewielką ilość topnika
- użyj czystego grotu
- zbierz nadmiar ruchem kontrolowanym

PAMIĘTAJ

Nie szarp ani nie przeciągaj grotu na sucho. Topnik i cierpliwość dają czyste połączenia.

PORÓWNANIE EFEKTÓW — PRZYKŁADY

WSZYSTKIE PINY WYRÓWNANE



Równomierne luty, komponent leży prawidłowo.

PRZESUNIĘCIE O JEDEN PIN



Komponent przesunięty. Piny nie pasują do padów.

MOSTEK MIĘDZY DWOMA PINAMI



Niepożądane połączenie między pinami.

NIEDOLUTOWANY NAROŻNIK



Brak poprawnego połączenia. Narożnik wymaga ponownego przelutowania.

PRECYZJA W PRAKTYCE — TRWAŁE NAPRAWY

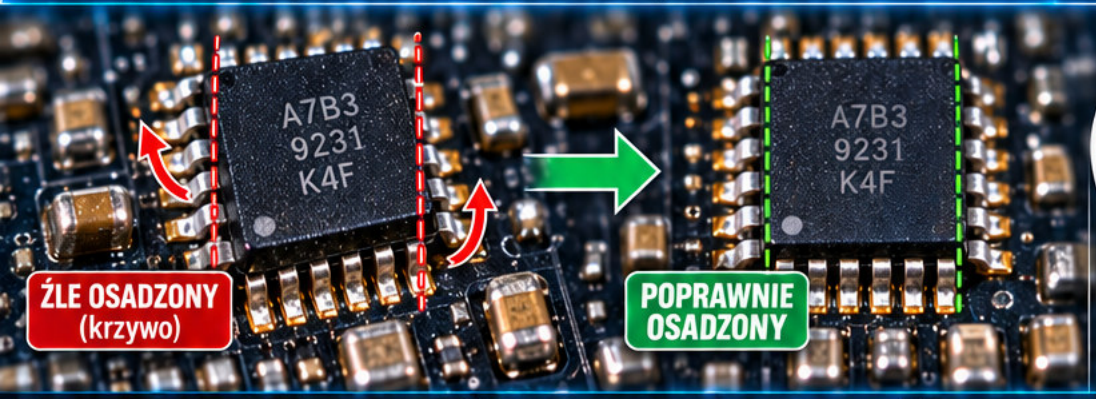
WIEDZA • DOŚWIADCZENIE • LEPSZE REZULTATY

KRZYWO OSADZONY ELEMENT – JAK GO POPRAWIĆ BEZ USZKODZEŃ?

Nie przesuwaj elementu po zimnym lucie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY





Równe odstępy, proste piny — pewne działanie!

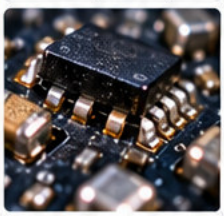
1 ROZPOZNAJ RODZAJ BŁĘDU



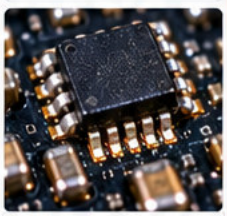
lekkie przesunięcie



obrót



uniesiony bok



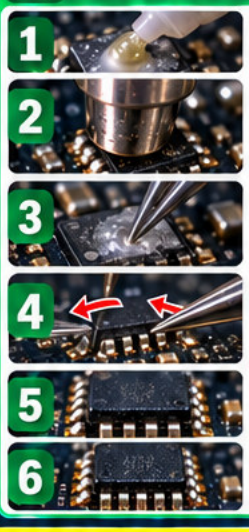
przesunięcie o jeden pin

2 POPRAWIĆ CZY ZDJĄĆ?

Oceń stopień przesunięcia i stan padów.

- mała korekta + pady kompletne → **MOŻLIWA KOREKTA**
- duże przesunięcie / wiele mostków → **LEPIEJ USUNĄĆ i zamontować ponownie**

3 KOREKTA



1. Dodaj topnik.
2. Rozgrzej odpowiednie połączenia.
3. Poczekaj na rozpływ.
4. Delikatnie przesuń element.
5. Zatrzymaj ruch.
6. Pozwól spoinom ostygnąć.

4 NIE RÓB TEGO



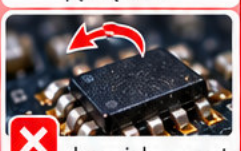
przesuwanie na zimno



naciskanie pęsetą w dół



próba skorygowania dużego błędu jednym ruchem



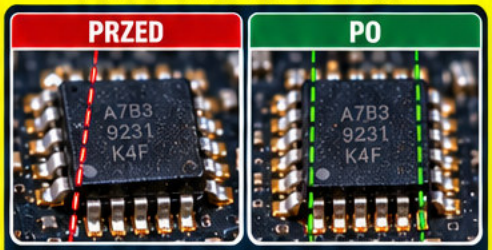
skręcanie komponentu przy częściowo stałym lucie

5 PO KOREKCIE



- sprawdź każdy pin
- sprawdź pady
- usuń mostki
- wyczyść
- porównaj z pozycją wzorcową

PRZED I PO KOREKCIE



WIDOK PADÓW Z GÓRY



PADY PRZED KOREKTĄ (krzywe ustawienie)

PADY PO KOREKCIE (równe ustawienie)

Korekta ma być ruchem po płynnym lucie, nie walką z oporem.

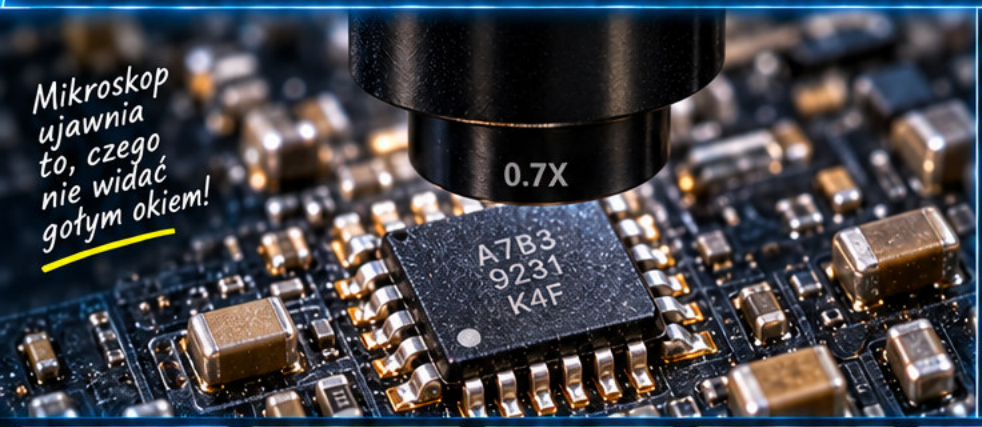
- KONTROLA
- CIERPLIWOŚĆ
- STABILNE REZULTATY

INSPEKCJA POD MIKROSKOPEM — PATRZ WEDŁUG SCHEMATU

Przypadkowe oglądanie nie wystarczy. Sprawdzaj element krok po kroku.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



PO NAPRAWIE — PRAWIDŁOWY WIDOK



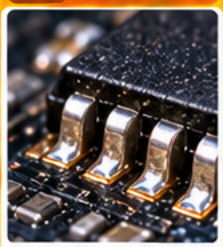
Czyste, równe spoiny i prawidłowe ustawienie elementu.

1 ORIENTACJA



- pin 1
- polaryzacja
- obrót komponentu

2 POZYCJA



- centrowanie
- równoległość
- kontakt wszystkich terminali z padami

3 SPOINY



- zwilżenie
- kształt
- ilość lutu

4 MOSTKI



- między pinami
- między padem a sąsiednim elementem
- ukryte pod nadmiarem topnika

5 PADY



- uniesienie
- uszkodzenie
- odsłonięta ścieżka

6 OTOCZENIE



- przesunięte SMD
- kulki lutu
- uszkodzona soldermask
- zabrudzenia

ZMIENIAJ KĄT PATRZENIA — WIĘCEJ SZCZEGÓŁÓW

WIDOK Z GÓRY



Sprawdź ogólny wygląd i ustawienie.

POD KĄTEM



Łatwiej zauważysz kształt spoin i mostki.

WIĘKSZE POWIĘKSZENIE



Zobaczysz drobne wady i pęknięcia spoin.

OŚWIETLENIE BOCZNE



Ujawnia nierówności, mostki i nadmiar lutu.

LISTA KONTROLNA INSPEKCJI

- orientacja
- pozycja
- spoiny
- mostki
- pady
- otoczenie

Sprawdź wszystko zawsze, dwa razy!

TYPOWE WADY — PRZYKŁADY



MOSTEK MIĘDZY PINAMI | ZIMNA SPOINA | UNIESIONY PAD | NADMIAR LUTU | ZABRUDZENIA TOPNIKIEM

DOBRA SUGESTIA

Po każdej naprawie wykonaj pełną inspekcję według schematu. To oszczędza czas i eliminuje powtórne usterki.

DOKŁADNA INSPEKCJA — STABILNE REZULTATY

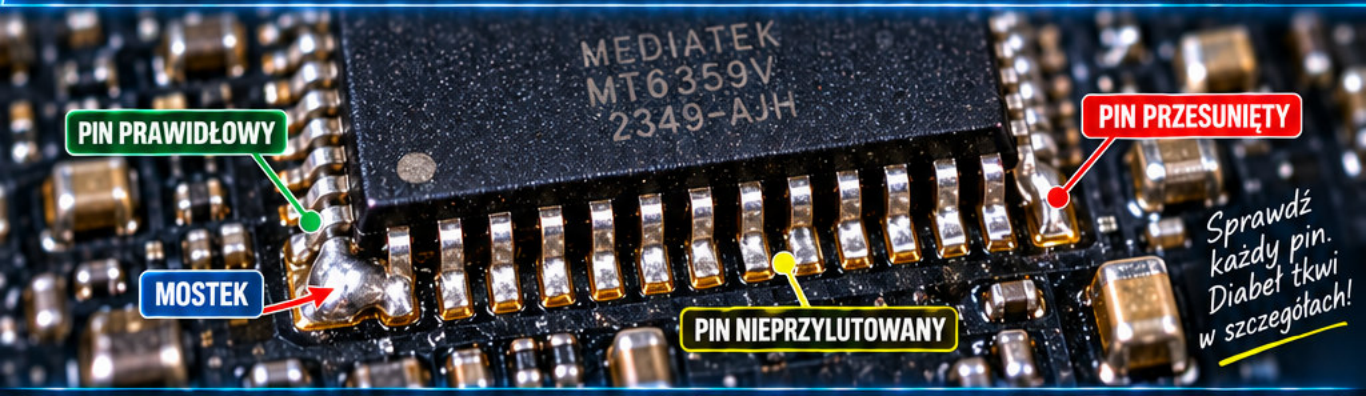
WIEDZA • PRAKTYKA • KONTROLA • PROFESJONALNE NAPRAWY

MOSTKI I WYPROWADZENIA — KONTROLA PIN PO PINIE

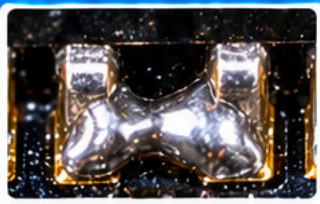
Jedno nieprawidłowe połączenie może unieruchomić cały układ.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

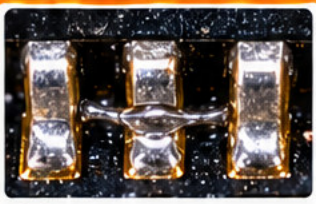


1 MOSTKI WIDOCZNE



- oczywiste połączenie między pinami
- duża ilość lutu
- łatwe do zauważenia

2 MOSTKI SUBTELNE



- cienka nitka lutu
- połączenie częściowo ukryte pod topnikiem
- lut między bokami pinów

3 PIN NIEPRZYLUTOWANY



- wygląda poprawnie z góry
- brak prawidłowego zwilżenia przy podstawie
- możliwa szczelina

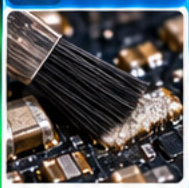
4 PIN PRZESUNIĘTY



- terminal stoi między dwoma padami
- dotyka sąsiedniego pola

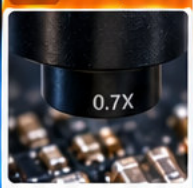
PROCEDURA KROK PO KROKU — KONTROLA WYPROWADZEŃ

1 WYCZYŚĆ OBSZAR



Usuń pozostałości topnika i zanieczyszczenia.

2 USTAW POWIĘKSZENIE



Użyj odpowiedniego powiększenia i oświetlenia.

3 ZACZNIJ OD PINU 1



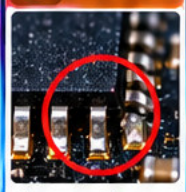
Zlokalizuj pin 1 na układzie.

4 SPRAWDZAJ KOLEJNO



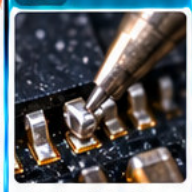
Kontroluj każdy pin po kolei, nie pomijaj żadnego.

5 OZNACZ PROBLEM



Zaznacz podejrzane miejsca (np. markerem).

6 SKORYGUJ



Usuń nadmiar lutu, popraw pozycję, ponownie przylutuj.

7 SPRAWDŹ CAŁOŚĆ PONOWNIE



Wykonaj pełną kontrolę po poprawkach.

PORÓWNANIE WYGLĄDU PINÓW

✓ PIN PRAWIDŁOWY



Dobre zwilżenie, równomierny lut.

✗ MOSTEK



Połączenie między sąsiednimi pinami.

✗ PIN SUCHY



Brak zwilżenia przy podstawie.

✗ PIN POZA PADEM



Terminal nie leży na padzie.

⚠ PAMIĘTAJ

Nie kończ inspekcji na pierwszym znalezionym błędzie.

Sprawdź cały układ!

DOKŁADNA KONTROLA — MNIEJ POWROTEK I REKLAMACJI

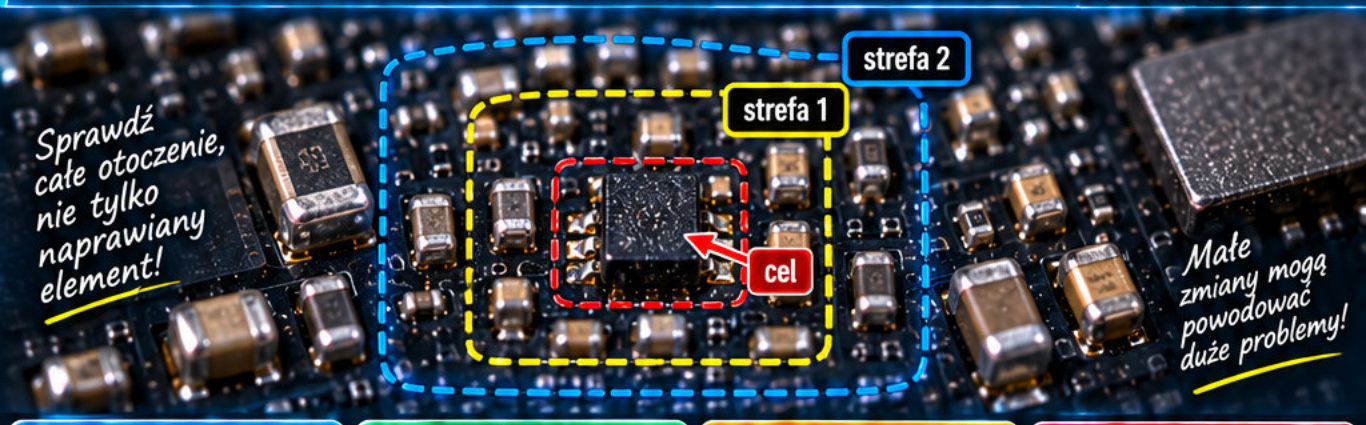
WIEDZA • PRAKTYKA • STABILNE REZULTATY

KONTROLA SĄSIEDNICH ELEMENTÓW – NAPRAWA NIE KOŃCZY SIĘ NA JEDNYM KOMPONENCIE

Ciepło, pęseta i przepływ powietrza mogą zmienić otoczenie bez zwracania uwagi.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

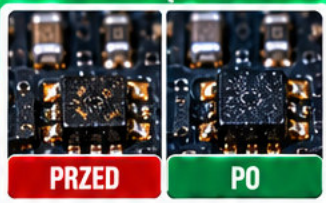


1 CO SPRAWDZIĆ?



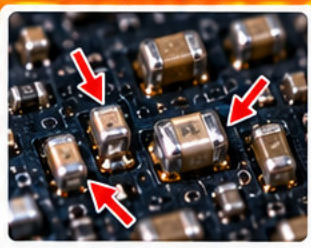
- czy elementy pozostały na miejscu
- czy któryś się obrócił
- czy któryś został przesunięty
- czy powstała kulka lutu
- czy topnik ukrywa drobny problem

2 PORÓWNAJ ZE ZDJĘCIEM PRZED



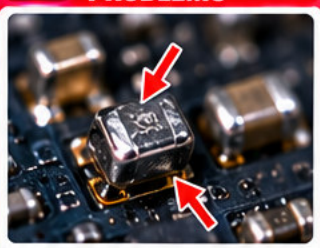
- użyj zdjęcia sprzed demontażu
- porównaj cały obszar, nie tylko element główny
- zwróć uwagę na kluczowe regiony
- dopasuj orientację zdjęcia
- szukaj nawet małych różnic

3 NAJBARDZIEJ NARAŻONE



- bardzo małe SMD
- elementy tuż obok dyszy
- komponenty między źródłem ciepła a celem
- elementy stojące na małej ilości lutu

4 SYGNAŁY PROBLEMU



- inny kąt niż wcześniej
- przesunięcie względem soldermask
- lut po jednej stronie
- widoczny pusty pad

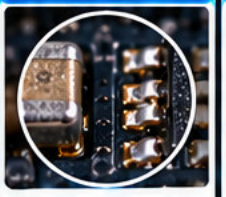
LISTA KONTROLNA OTOCZENIA – SPRAWDŹ WSZYSTKIE STRONY

CEL NAPRAWY



- prawidłowa pozycja
- pełne luty
- właściwa orientacja

LEWA STRONA



- brak przesunięć
- pełne luty
- elementy na miejscu

PRAWA STRONA



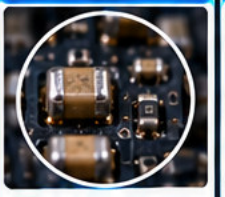
- brak przesunięć
- pełne luty
- elementy na miejscu

GÓRA



- brak przesunięć
- pełne luty
- elementy na miejscu

DÓŁ



- brak przesunięć
- pełne luty
- elementy na miejscu

LUŹNE RESZTKI



- usuń resztki topnika
- sprawdź kulki lutu
- oczyść obszar

SZERSZE SPOJRZENIE – MNIEJSZE RYZYKO POWROTU USTERKI

KONTROLA • PORÓWNANIE • PRECYZJA • TRWAŁE REZULTATY

KOMPLETNA WYMIANA KOMPONENTU — PROCEDURA OD A DO Z

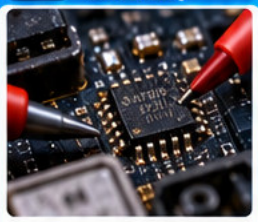
Diagnoza → demontaż → przygotowanie → montaż → kontrola.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 POTWIERDŹ USTERKĘ



- Nie wymieniaj komponentu na podstawie przypuszczenia.

2 ZIDENTYFIKUJ ELEMENT



- Typ, wartość, orientacja, pin 1.

3 ZRÓB REFERENCJĘ



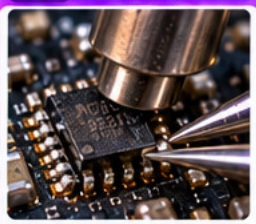
- Zdjęcie przed demontażem.

4 ZABEZPIECZ OBSZAR



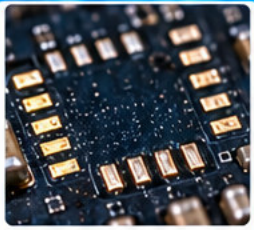
- ESD, stabilizacja, ochrona termiczna.

5 USUŃ ELEMENT



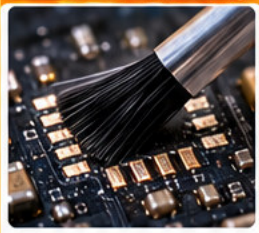
- Bez siły; dopiero po rozpływie.

6 OCEŃ PADY



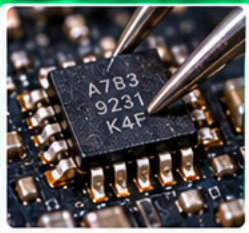
- Sprawdź obecność, stabilność i ścieżki.

7 PRZYGOTUJ POWIERZCHNIĘ



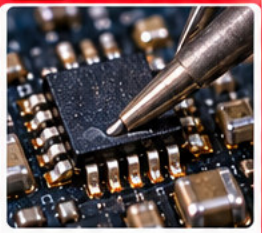
- Wyrównaj, wyczyść, nałóż materiał kontrolowanie.

8 USTAW NOWY ELEMENT



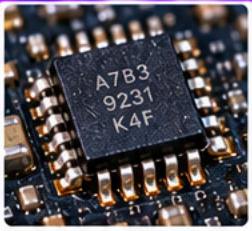
- Orientacja + centrowanie.

9 PRZYLUTUJ



- Minimalna ilość materiału, kontrolowane ciepło.

10 SPRAWDŹ



- Mikroskop, mostki, sąsiednie elementy, test funkcjonalny.

WARUNKI DOBREJ WYMIANY

- właściwy komponent
- prawidłowy montaż
- potwierdzona jakość połączeń

STOP, jeśli...

- pad jest uszkodzony
- orientacja nie jest pewna
- element stawia opór podczas demontażu
- sąsiednie komponenty zaczynają się przemieszczać

SYSTEMATYCZNA PRACA — PEWNE REZULTATY

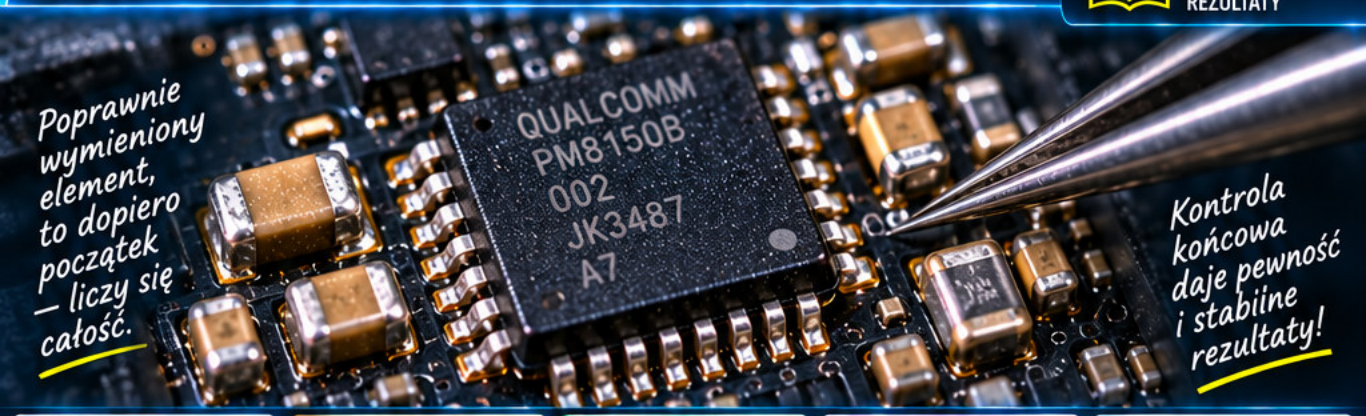
POZNAJ PROCES • UNIKAJ BŁĘDÓW • NAPRAWIAJ SKUTECZNIE

MODUŁ 3 – KONTROLA KOŃCOWA

Dobry technik nie tylko potrafi wymienić element — potrafi ocenić, czy powinien go wymieniać i czy zrobił to poprawnie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Poprawnie wymieniony element, to dopiero początek — liczy się całość.

Kontrola końcowa daje pewność i stabiine rezultaty!

1 ROZPOZNAJ



- typ komponentu
- polaryzację
- pin 1
- konstrukcję mechaniczną

2 DOBIERZ METODĘ



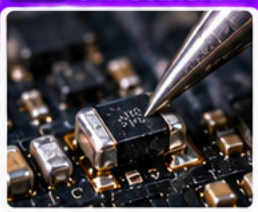
- lutownica
- hot air
- kombinacja
- ochrona termiczna

3 USUŃ BEZ SIŁY



- pełny rozpływ
- ruch kontrolowany
- brak podważania

4 ZAMONTUJ PRECYZYJNIE



- pady
- orientacja
- centrowanie
- minimalna ilość lutu

5 SPRAWDŹ



- komponent
- wszystkie wyprowadzenia
- pady
- sąsiednie elementy
- czystość

CZY POTRAFISZ?

SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ — ODPOWIEDZ NA PYTANIA:

1



rozpoznać element spolaryzowany?

2



wskazać moment bezpiecznego demontażu?

3



przygotować pady?

4



ustawić układ wielopinowy?

5



znaleźć mostek pod mikroskopem?

PAMIĘTAJ!

Jeżeli demontaż uszkodził pady lub ścieżki, standardowa wymiana się kończy — zaczyna się naprawa strukturalna.

W następnym module:

ODBUDOWA PADÓW, ŚCIEŻEK I ZWOREK.

Więcej możliwości. Większa niezależność. Wyższy poziom napraw.

WIEDZA DZIŚ – LEPSZE NAPRAWY JUTRO

WIĘCEJ PRAKTYKI • WIĘKSZA PEWNOŚĆ • REALNE REZULTATY

MODUŁ 4
ODBUDOWA PADÓW, ŚCIEŻEK I ZWOREK

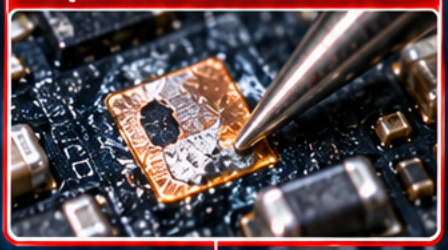
PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

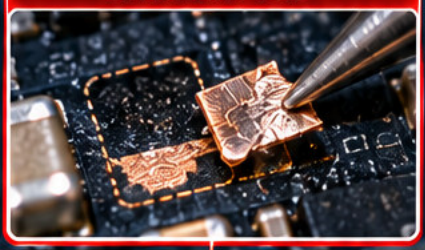
Napraw uszkodzenia fizyczne i przywróć ciągłość połączeń.

Z uszkodzeń do sprawności!

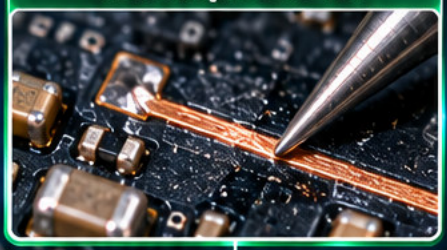
CZĘŚCIOWO USZKODZONY PAD

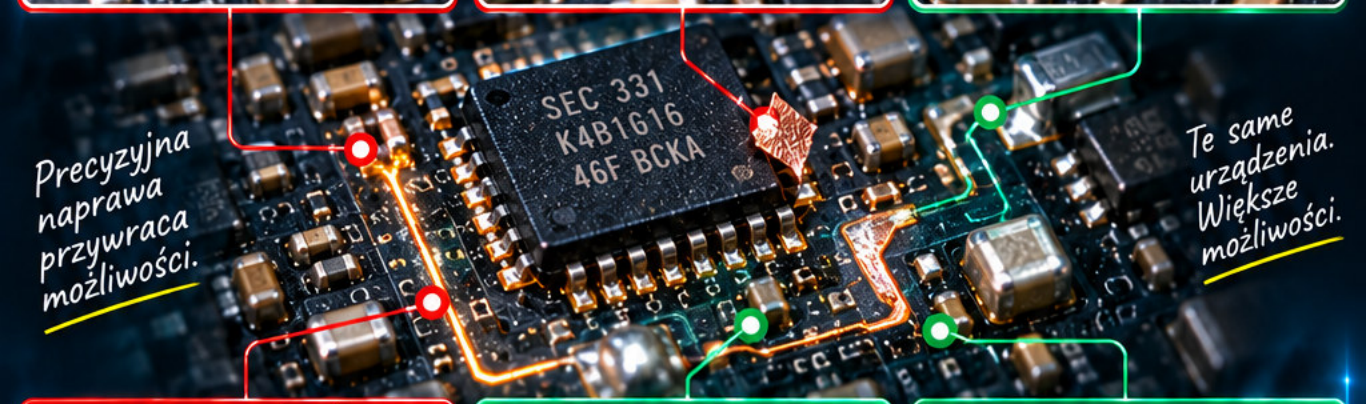


WYRWANY PAD



ODSŁONIĘTA ŚCIEŻKA





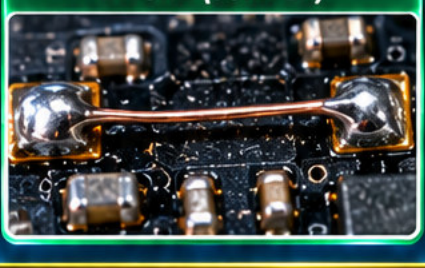
Precyzyjna naprawa przywraca możliwości.

Te same urządzenia. Większe możliwości.

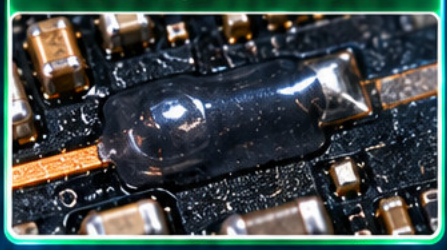
PRZERWANA ŚCIEŻKA



ZWORA (JUMPER)



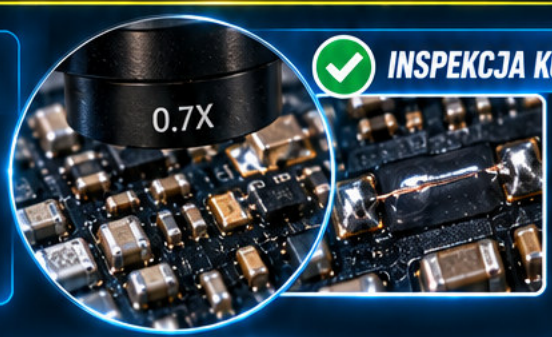
ZABEZPIECZENIE NAPRAWY



Nie każda uszkodzona powierzchnia wymaga tej samej naprawy.
Najpierw ustal, co dokładnie zostało przerwane.

CEL MODUŁU

Celem modułu jest nauczenie bezpiecznego przygotowania, odbudowy i zabezpieczenia obszarów uszkodzonych podczas wcześniejszych napraw, demontażu lub ingerencji mechanicznej.



INSPEKCJA KOŃCOWA

Sprawdź. Potwierdź. Działaj dalej!

USZKODZONY PAD — NAJPIERW ROZPOZNAJ RODZAJ USZKODZENIA

Nie każdy podejrzany pad wymaga odbudowy.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 PAD PRAWIDŁOWY



- płaski
- stabilny
- połączony z laminatem
- metalizacja kompletna

PRAWIDŁOWY PAD NIE WYMAGA NAPRAWY.

2 PAD CZĘŚCIOWO USZKODZONY



- fragment metalu brakujący
- część nadal przytwierdzona
- możliwa ciągłość

CZĘSTO MOŻLIWY DO WYKORZYSTANIA PO OCENIE.

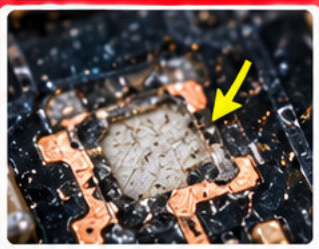
3 PAD UNIESIONY



- fizycznie obecny
- odklejony od laminatu
- porusza się przy lekkim dotknięciu

WYMAGA STABILIZACJI LUB PONOWNEGO MOCOWANIA.

4 PAD WYRWANY



- brak pola lutowniczego
- widoczny laminat
- możliwe przerwanie połączenia ze ścieżką lub via

WYMAGA ODBUDOWY PADU I SPRAWDZENIA POŁĄCZENIA.

NIE DOTYKAJ BEZ POTRZEBY

Im więcej manipulujesz uszkodzonym padem, tym większa szansa, że uszkodzenie się powiększy.



DRZEWO DECYZYJNE — CO DALEJ?



DIAGNOZA • WIEDZA • PRAKTYKA — SKUTECZNE NAPRAWY

MAŁE SZCZEGÓŁY — WIELKIE REZULTATY

CZĘŚCIOWO USZKODZONY PAD — ZACHOWAĆ, WZMOCNIĆ CZY ODBUDOWAĆ?

Jeżeli część oryginalnego pola nadal istnieje, nie usuwaj jej bez potrzeby.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

STABILNY



Wciąż wystarczająca część pola — można zachować i użyć.



NIESTABILNY



Pad się porusza lub jest zbyt mały — nie lutuj bez przygotowania.

1 OCEŃ



- ile pola pozostało
- czy jest stabilne
- czy ścieżka nadal łączy się z padem
- czy komponent będzie miał wystarczające podparcie

2 JEŻELI PAD JEST STABILNY



- oczyść delikatnie
- wyrównaj
- przygotuj do montażu
- unikaj nadmiernego grzania

3 JEŻELI PAD SIĘ PORUSZA



- nie lutuj komponentu bezpośrednio
- zatrzymaj
- zaplanuj wzmocnienie lub odbudowę

4 JEŻELI BRAKUJE DUŻEJ CZĘŚCI



- określ, dokąd prowadzi połączenie
- rozważ odbudowę z użyciem odpowiedniego pola lub przewodnika

PORÓWNANIE STANÓW PADA — PRZYKŁADY

ZACHOWANY FRAGMENT STABILNY



Fragment pola istnieje, jest stabilny i można go użyć.

FRAGMENT ZBYT MAŁY



Zbyt mała powierzchnia — wymaga wzmocnienia lub odbudowy.

PAD LUŹNY



Pad nie jest połączony z laminatem — nie lutuj, zaplanuj naprawę.

NAJLEPSZA NAPRAWA TO TAKA, KTÓRA ZACHOWUJE SPRAWNĄ CZĘŚĆ ORYGINALNEJ STRUKTURY I NIE POGŁĘBIA USZKODZENIA.

PRECYZJA • KONTROLA • DOŚWIADCZENIE • STABILNE REZULTATY

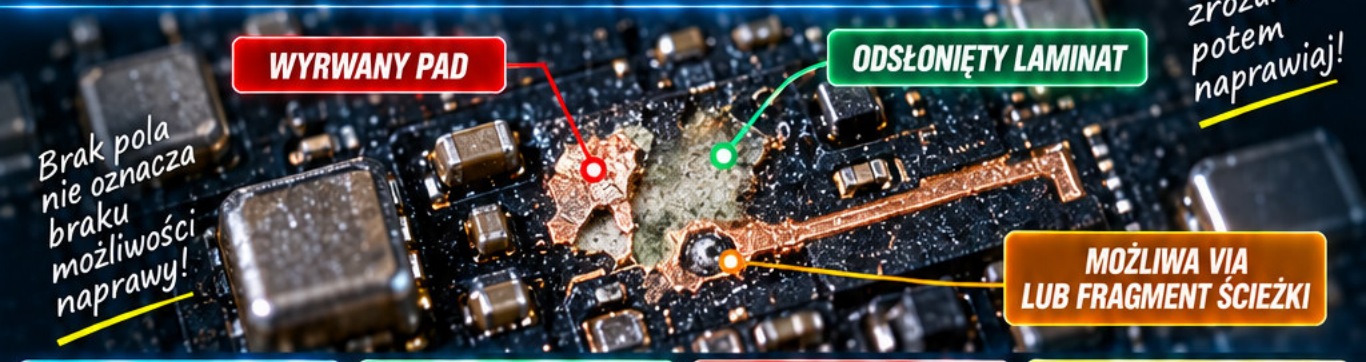
WYRWANY PAD — NAJPIERW USTAL, DOKĄD PROWADZIŁO POŁĄCZENIE

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Brak pola lutowniczego nie oznacza, że można po prostu przylutować komponent do przypadkowego miejsca.

Najpierw zrozum, potem naprawiaj!



1 CO WIDZISZ?



- ✓ odsłonięty laminat
- ✓ brak metalowego pola
- ✓ możliwy fragment ścieżki
- ✓ czasem odsłonięta via

2 CO TRZEBA USTALIĆ?



- ✓ czy pad był połączony ze ścieżką
- ✓ czy prowadził do via
- ✓ czy był tylko polem mechanicznym
- ✓ czy był masą
- ✓ czy był sygnałem

⚠ NIE ZAKŁADAJ



- ✗ nie każdy pad prowadzi do widocznej ścieżki
- ✗ nie każdy pad wymaga takiego samego typu odbudowy
- ✗ nie lutuj przewodu bez ustalenia funkcji

4 PLAN NAPRAWY

1. Zidentyfikuj pad na boardview/schemacie lub po ścieżce.
2. Ustal punkt, z którym był elektrycznie połączony.
3. Oceń możliwość wykonania nowego punktu lutowniczego.
4. Przygotuj mechaniczne mocowanie.
5. Dopiero potem odtwórz połączenie.

POROWNANIE STANÓW PADA

PAD PRAWIDŁOWY



Pełne pole lutownicze. Gotowe do użycia.

PAD WYRWANY



Brak pola lutowniczego. Odsłonięty laminat.

ODSŁONIĘTA ŚCIEŻKA



Widoczna ścieżka. Możliwy punkt połączenia.

PRAWIDŁOWO ODBUDOWANE POŁĄCZENIE



Odtworzone połączenie. Stabilna i trwała naprawa.

Najpierw funkcja elektryczna. Potem geometria naprawy.

DOBRA DIAGNOZA • ŚWIADOMA NAPRAWA • TRWAŁE REZULTATY

PRZYGOTOWANIE USZKODZONEGO OBSZARU

Dobra odbudowa wymaga czystej, stabilnej i dobrze rozpoznanej powierzchni.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



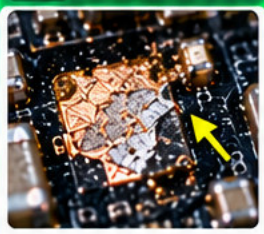
1 WYCZYŚĆ



- usuń topnik
- usuń luźne resztki
- nie skrob agresywnie laminatu

UŻYWAJ IZOPROPANOLU I MIĘKKIEGO PĘDZELKA.

2 OCEŃ GRANICE USZKODZENIA



- gdzie kończy się zdrowy laminat
- czy są mikropęknięcia
- czy są inne luźne pady

DOKŁADNA OCENA ZAPOBIEGA ZBYT DUŻEJ INGERENCJI.

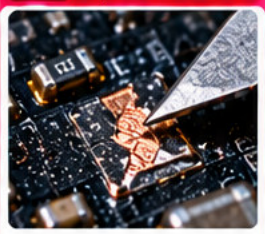
3 ZABEZPIECZ OTOCZENIE



- sąsiednie ścieżki
- soldermask
- małe SMD
- plastik

UŻYJ TAŚMY KAPTONOWEJ LUB ODPOWIEDNICH OSŁON.

4 ODSŁOŃ TYLKO TO, CO POTRZEBNE



- minimalna ingerencja
- nie usuwać maski na dużej powierzchni

ODSŁANIAJ TYLKO NIEZBĘDNY FRAGMENT. MNIEJ ZNACZY LEPIEJ.

5 WYCZYŚĆ PONOWNIE

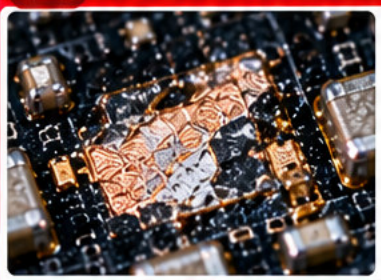


- obszar ma być czytelny pod mikroskopem

CZYSTA I CZYTELNA POWIERZCHNIA UŁATWIA ODBUDOWĘ.

Więcej odsłoniętej miedzi ≠ lepsza naprawa.

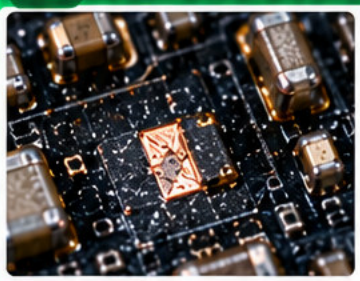
DUŻY, PRZYPADKOWO ZESZLIFOWANY OBSZAR



- za duża ingerencja
- usunięta soldermask
- ryzyko uszkodzenia ścieżek
- trudniejsza odbudowa
- większe ryzyko niepowodzenia

ZBYT DUŻY OBSZAR OSŁABIA PŁYTĘ I UTRUDNIA NAPRAWĘ.

MAŁE, KONTROLOWANE PRZYGOTOWANIE



- tylko niezbędna powierzchnia
- zachowana soldermask
- stabilna struktura
- łatwiejsza odbudowa
- większa szansa na trwały efekt

PRECYZYJNE PRZYGOTOWANIE DAJE NAJLEPSZE REZULTATY.

PRZYGOTOWANIE • KONTROLA • ROZSĄDEK — TRWAŁA NAPRAWA

CZYSTA POWIERZCHNIA • LEPSZA PRZYCZEPNOŚĆ • WIĘKSZA TRWAŁOŚĆ

ODBUDOWA PADA – ODTWÓRZ PUNKT LUTOWNICZY, NIE TYLKO WYGLĄD

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Nowy pad musi mieć funkcję elektryczną i wystarczającą stabilność mechaniczną.



1 USTAL FUNKCJĘ



- sygnał
- masa
- zasilanie
- połączenie do via/ścieżki

Funkcja pada określa sposób odbudowy i wybór materiału.

2 WYBIERZ MATERIAŁ



- odpowiedni fragment miedzi/pad naprawczy
- dopasowany rozmiarem

Użyj miedzi z dawcy, gotowego pada naprawczego lub cienkiej blaszki miedzianej.

3 PRZYGOTUJ PUNKT POŁĄCZENIA



- odsłoń fragment zdrowej miedzi
- oczyść
- pocynuj minimalnie

Czysta i pocynowana powierzchnia zapewnia solidne połączenie.

4 POŁĄCZ



- połącz nowy pad z właściwą ścieżką/punktem
- ogranicz ilość lutu

Precyzyjne połączenie zapewnia prawidłową funkcję elektryczną.

5 USTABILIZUJ



- pad nie może się przesuwać podczas montażu komponentu

W razie potrzeby użyj żywicy UV lub kleju wysokotemperaturowego.

6 SPRAWDŹ



- ciągłość
- pozycję
- izolację od sąsiednich pól

Sprawdzenie miernikiem i kontrola pod mikroskopem to konieczność.

✓ WZORZEC DOBREJ ODBUDOWY



- właściwe położenie
- poprawna ciągłość
- stabilność
- brak zwarć
- możliwość montażu komponentu

Pad wygląda jak fabryczny, działa jak fabryczny.

✗ NIE RÓB TEGO



- zbyt duży fragment metalu
- przypadkowe połączenie z masą
- luźny pad
- nadmiar lutu pod przyszłym komponentem

Takie błędy prowadzą do niestabilnej pracy lub ponownego uszkodzenia.

TECHNIKA • CIERPLIWOŚĆ • DOKŁADNOŚĆ – TRWAŁE EFEKTY

ODBUDOWA TO WIĘCEJ NIŻ ESTETYKA — TO PEŁNA FUNKCJONALNOŚĆ.

UTRWALENIE ODBUDOWANEGO PADA

Naprawa elektryczna bez stabilności mechanicznej może szybko ulec ponownemu uszkodzeniu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 CO MUSI POZOSTAĆ DOSTĘPNE?



- aktywna powierzchnia lutownicza
- miejsce dla terminalu
- właściwa wysokość

Powierzchnia lutownicza musi być czysta i gotowa do połączenia.

2 CO MOŻNA ZABEZPIECZYĆ?



- krawędzie
- fragment połączenia do ścieżki
- obszar poza strefą kontaktu komponentu

Zabezpieczaj tylko to, co zwiększa trwałość, nie blokując połączenia.

ZASADA MINIMALIZMU



Zabezpiecz tyle, ile trzeba do stabilności — nie zalewaj całego obszaru.

3 SPRAWDŹ PRZED MONTAŻEM



- czy pad leży płasko
- czy nie przesuwa się
- czy nie jest za wysoko
- czy nie dotyka sąsiedniego pola

Dokładna kontrola teraz zapobiega problemom później.

4 PO MONTAŻU



- kontrola pod mikroskopem
- brak ruchu
- brak nadmiaru materiału zabezpieczającego

Stabilny pad to pewne połączenie i dłuższa żywotność naprawy.

✗ PAD ZALANY KLEJEM NA POWIERZCHNI LUTOWNICZEJ



- ✗ powierzchnia niedostępna
- ✗ utrudniony montaż
- ✗ ryzyko słabego połączenia
- ✗ konieczność ponownej naprawy

Nie zalewaj aktywnej powierzchni!

✓ KRAWĘDZIE UTRWALONE, POWIERZCHNIA AKTYWNA WOLNA



- ✓ stabilne mocowanie
- ✓ pełna dostępność do lutowania
- ✓ prawidłowy montaż komponentu
- ✓ trwały efekt naprawy

Właściwe zabezpieczenie — najlepsze rezultaty.

TRWAŁA NAPRAWA TO NIE TYLKO LUTOWANIE, ALE TAKŻE STABILNOŚĆ.

WIEDZA • PRECYZJA • DŁUŻSZA ŻYWOTNOŚĆ URZĄDZEŃ

PRZERWANA ŚCIEŻKA — JAK ROZPOZNAĆ PROBLEM?

Uszkodzenie może być widoczne pod mikroskopem albo ukryte pod maską.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



SPRAWDŹ CIĄGŁOŚĆ MULTIMETREM



1 OBJAWY WIZUALNE



- rysa przez ścieżkę
- brak fragmentu miedzi
- ciemny/zwęglony punkt
- uszkodzenie po wyrwanym padzie

USZKODZENIE MOŻE BYĆ MAŁE, ALE WYSTARCZY, BY PRZERWAĆ SYGNAŁ.

2 OBJAWY ELEKTRYCZNE



- brak ciągłości między dwoma punktami
- sygnał obecny przed uszkodzeniem i nieobecny po nim
- przerwana linia widoczna na boardview/schemacie

MULTIMETR LUB POMIARY SYGNAŁÓW SZYBKO POTWIERDZAJĄ PROBLEM.

3 NIE MYL Z...



soldermaską bez uszkodzenia miedzi



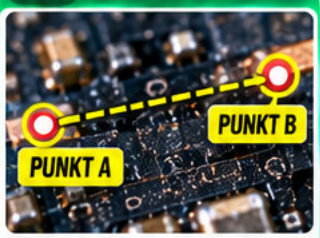
zabrudzeniem



cieniem pod mikroskopem

NIE KAŻDE PRZEBARWIENIE OZNACZA PRZETRWANĄ ŚCIEŻKĘ.

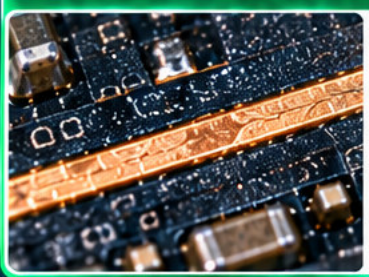
4 POTWIERDŹ



- zidentyfikuj dwa końce
- sprawdź ciągłość
- porównaj ze schematem
- zaznacz miejsce naprawy

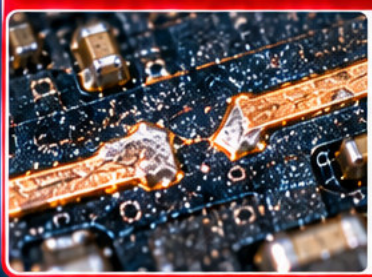
PEWNA DIAGNOZA TO PODSTAWA SKUTECZNEJ NAPRAWY.

ŚCIEŻKA PRAWIDŁOWA



- ciągła linia miedzi
- jednolity kolor
- brak przerw
- niska rezystancja (ciągłość)

ŚCIEŻKA PRZERWANA



- widoczna przerwa
- brak fragmentu miedzi
- nierówne krawędzie
- brak ciągłości na pomiarze

ŁĄCZ OBSERWACJĘ, POMIARY I SCHEMAT — TO DAJE PEWNOŚĆ DIAGNOZY.

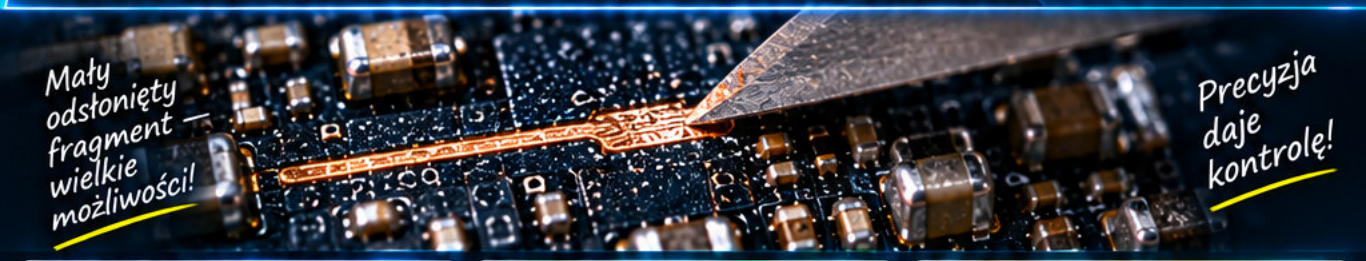
DOKŁADNA ANALIZA • WŁAŚCIWA INTERPRETACJA • SKUTECZNA NAPRAWA

KONTROLOWANE ODSŁONIĘCIE ŚCIEŻKI

Odsłaniaj tylko tyle miedzi, ile potrzebujesz do pewnego połączenia.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 ZNAJDŹ ZDROWY FRAGMENT



- powyżej lub poniżej przerwy
- szukaj stabilnej, nienaruszonej części ścieżki

2 WYZNACZ OBSZAR



- mały
- oddalony od sąsiedniej ścieżki

3 USUŃ MASKĘ DELIKATNIE



- warstwowo
- bez głębokiego skrobania
- używaj skalpela, igły lub włókna szklanego

4 ODSŁOŃ MIEDŹ



- wystarczająco do przylgnięcia lutu
- nie odsłaniaj więcej niż trzeba

5 WYCZYŚĆ



- usuń pył i resztki maski
- użyj IPA i miękkiego pędzelka
- powierzchnia musi być czysta

6 POCYNUJ MINIMALNIE

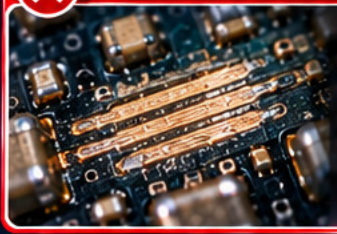


- dopiero po potwierdzeniu, że miedź jest zdrowa
- cienka warstwa cyny
- bez nadmiaru lutu

Jeżeli zaczynasz zbliżać się do sąsiedniej ścieżki — zatrzymaj się.

Lepiej zrobić mniej, niż uszkodzić więcej!

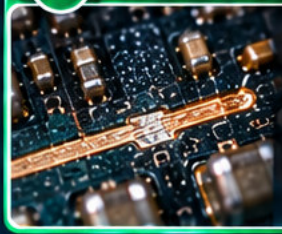
ODSŁONIĘTE TRZY ŚCIEŻKI



- zbyt duży obszar
- uszkodzone sąsiednie ścieżki
- ryzyko zwarcia
- trudniejsza naprawa

Tego unikaj!

ODSŁONIĘTY KRÓTKI FRAGMENT JEDNEJ



- tylko jedna ścieżka
- mały, kontrolowany obszar
- bez uszkodzeń sąsiednich linii
- gotowy do pewnego połączenia

Tak powinno być!

PRECYZJA • KONTROLA • BEZPIECZEŃSTWO — TRWAŁE REZULTATY

ŚWIADOMA NAPRAWA TO PROFESJONALNA NAPRAWA

ODBUDOWA ŚCIEŻKI —
PRZYWRÓĆ CIĄGŁOŚĆ PUNKT DO PUNKTU

Połączenie ma być krótkie, stabilne i elektrycznie jednoznaczne.

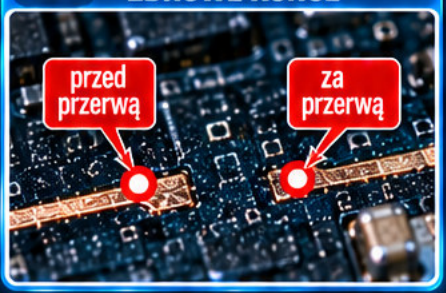
PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Ten sam cel co zawsze — przywrócić ciągłość!

1 USTAL DWA ZDROWE KOŃCE



2 ODSŁOŃ MIEDŹ



minimalnie po obu stronach

3 POCYNUJ



cienka warstwa

4 DOPASUJ PRZEWODNIK



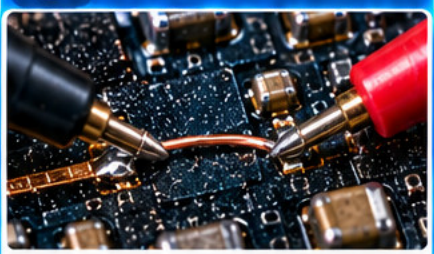
odpowiednia długość
możliwie krótki przebieg

5 POŁĄCZ



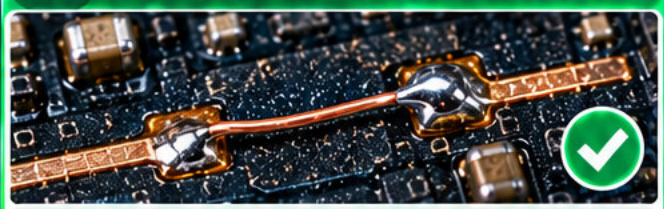
lutować bez dużej kropli
nie przesuwać połączeń

6 SPRAWDŹ CIĄGŁOŚĆ



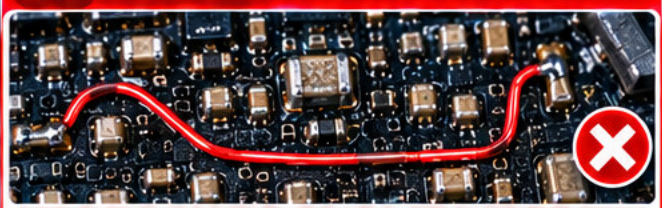
przed zabezpieczeniem

✓ PRZEWODNIK ZGODNY Z PRZEBIEGIEM ŚCIEŻKI



Krótki przewodnik, prowadzony po śladzie ścieżki.
Estetyczny, stabilny i niezawodny.

✗ DŁUGI PRZEWÓD PRZEZ KILKA SEKCJI



Zbyt długi przewód zwiększa ryzyko uszkodzeń,
zakłóceń i późniejszych awarii.

Najkrótsza bezpieczna droga jest zwykle najlepsza.

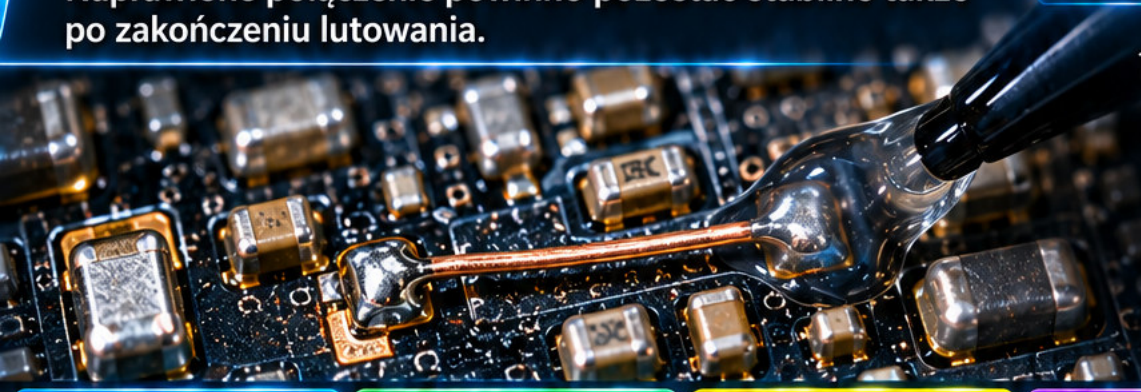
PRECYZJA • CZYSTE POŁĄCZENIA • PEWNE REZULTATY

ZABEZPIECZENIE ODBUDOWANEJ ŚCIEŻKI

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

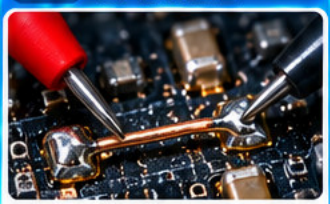
Naprawione połączenie powinno pozostać stabilne także po zakończeniu lutowania.



Trwała naprawa daje pewność na dłużej!

Ostatni krok — ochrona naprawy.

1 NAJPIERW SPRAWDŹ



- ciągłość
- brak zwarcia
- poprawne połączenie

PEWNOŚĆ, ŻE NAPRAWA DZIAŁA PRAWIDŁOWO.

2 POTEM ZABEZPIECZ



- ustabilizuj przewodnik
- nie zakrywaj potencjalnych punktów diagnostycznych bez potrzeby
- zachowaj odstęp od innych pól

OCHRONA I STABILNOŚĆ BEZ UTRATY MOŻLIWOŚCI DIAGNOZY.

3 NIE ZALEWAJ WSZYSTKIEGO



Zabezpieczaj tylko to, co jest konieczne. Naprawa powinna pozostać możliwa do zweryfikowania i ewentualnej modyfikacji w przyszłości.

DOBRA PRAKTYKA TO MOŻLIWOŚĆ KONTROLI I KOLEJNEJ NAPRAWY.

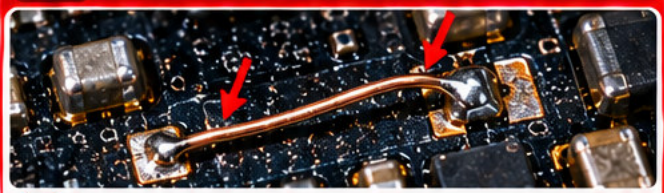
4 PO ZABEZPIECZENIU



- ponowna kontrola
- sprawdzenie, czy przewód nie został przesunięty
- sprawdzenie izolacji

KOŃCOWA WERYFIKACJA DAJE PEWNOŚĆ I TRWAŁY EFEKT.

✗ LUŹNY JUMPER MOGĄCY SIĘ PRZESUNĄĆ



- ✗ brak stabilizacji
- ✗ ryzyko przesunięcia lub urwania
- ✗ możliwy kontakt z innymi punktami
- ✗ podatność na wibracje i użytkowanie

Taka naprawa może ulec uszkodzeniu!

✓ STABILNIE PRZYTWIERDZONY, BEZ KONTAKTU Z INNYMI PUNKTAMI



- ✓ dobrze ustabilizowany
- ✓ brak ryzyka przesunięcia
- ✓ zachowany odstęp od innych elementów
- ✓ trwała i bezpieczna naprawa

Właściwe zabezpieczenie to spokój na dłużej!

CHROŃ NAPRAWĘ, ALE NIE OGRANICZAJ SOBIE MOŻLIWOŚCI DIAGNOZY.

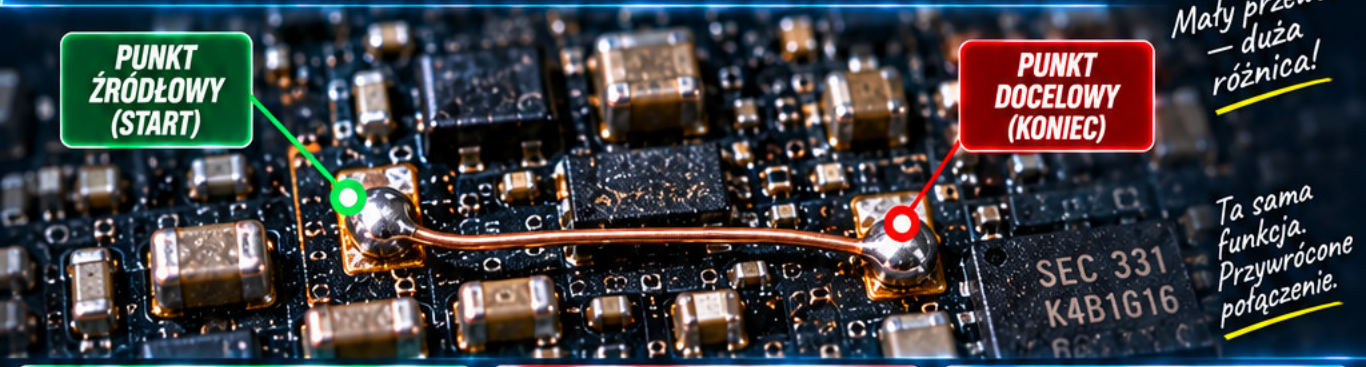
STABILNOŚĆ • KONTROLA • BEZPIECZEŃSTWO • TRWAŁE REZULTATY

PODSTAWY ZWORKI – KIEDY PRZEWÓD ZASTĘPUJE USZKODZONE POŁĄCZENIE

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Zworka ma odtworzyć konkretną drogę elektryczną, a nie omijać diagnozę.



1 KIEDY ZWORKA MA SENS?


przerwana ścieżka


wyrwany pad


brak możliwości wykorzystania oryginalnego połączenia


punkt dostępny w innym miejscu tego samego netu

2 KIEDY NIE?


gdy nie ustalono funkcji netu


gdy problem jest gdzie indziej


gdy zworka stworzy obejście zabezpieczenia/ elementu

3 DOBRA ZWORKA

- krótka
- logiczna
- zabezpieczona
- nie krzyżuje niepotrzebnie innych obszarów
- nie utrudnia ponownego montażu

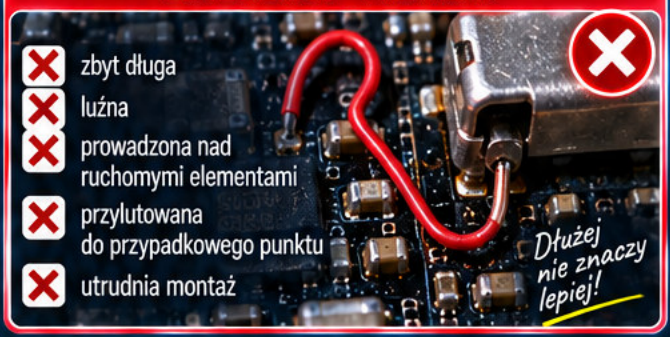
DOBRA ZWORKA TO PRZEMYŚLANA ZWORKA, A NIE PRZYPADKOWY PRZEWÓD.

DOBRA ZWORKA – PRZYKŁAD



- krótka droga
- czysty montaż
- stabilne punkty
- bezpieczne prowadzenie
- gotowa do pracy

ZŁA ZWORKA – PRZYKŁAD



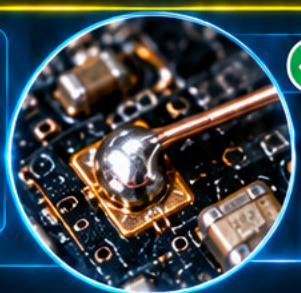
- zbyt długa
- luźna
- prowadzona nad ruchomymi elementami
- przylutowana do przypadkowego punktu
- utrudnia montaż

Najpierw net. Potem przewód.

Diagnoza zawsze przed zworką!

CEL MODUŁU

Celem modułu jest nauczyć świadomego stosowania zworki jako narzędzia naprawczego, z zachowaniem logiki połączeń, bezpieczeństwa i estetyki montażu.



WERYFIKACJA

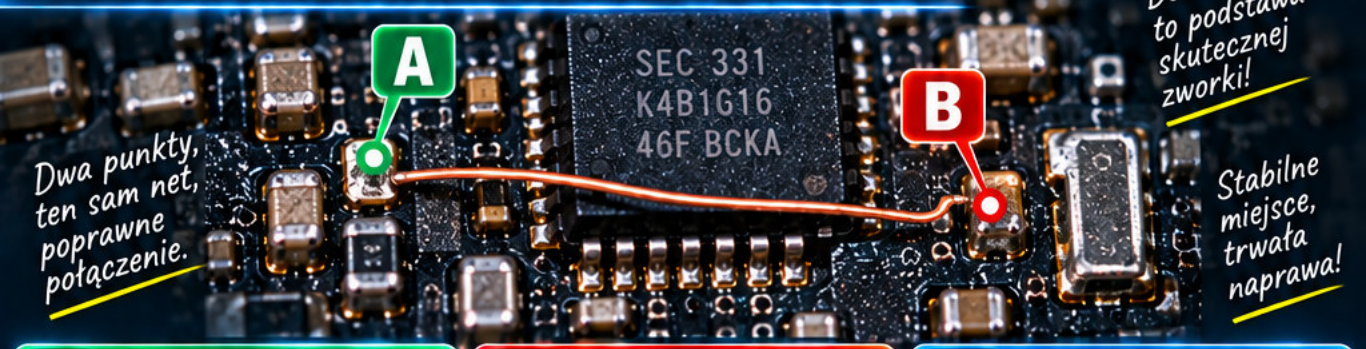
Po wykonaniu zworki zawsze sprawdź ciągłość połączenia i poprawność działania układu.

PUNKTY ZWORKI — WYBIERZ MIEJSCE PEWNE, STABILNE I DOSTĘPNE

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Dwa punkty muszą należeć do tego samego połączenia elektrycznego, które chcesz odtworzyć.



1 DOBRY PUNKT



- ✓ należy do właściwego netu
- ✓ jest mechanicznie stabilny
- ✓ ma wystarczającą powierzchnię
- ✓ nie jest zasłonięty przez przyszły komponent

DOBRY PUNKT ZAPEWNIA TRWAŁE I NIEZAWODNE POŁĄCZENIE.

2 SŁABY PUNKT



- ✗ bardzo mały i kruchy
- ✗ przy samym uszkodzeniu
- ✗ może się oderwać
- ✗ koliduje z montażem

SŁABY PUNKT ZWIĘKSZA RYZYKO NIEPOWODZENIA NAPRAWY.

3 PRZYGOTOWANIE



- ✓ oczyść
- ✓ odsłoń miedź tylko jeśli to konieczne
- ✓ pocynuj minimalnie
- ✓ usuń nadmiar

DOKŁADNE PRZYGOTOWANIE UŁATWIA LUTOWANIE I POPRAWIA TRWAŁOŚĆ.

CZY PUNKT NALEŻY DO WŁAŚCIWEGO NETU?



Lepiej poświęcić chwilę na analizę, niż powtarzać naprawę!

SPRAWDŹ DWA RAZY

- ✓ punkt A
- ✓ punkt B
- ✓ ten sam net
- ✓ brak ryzyka zwarcia

PEWNOŚĆ NA ETAPIE WYBORU OSZCZĘDZA CZAS, SPRZĘT I NERWY.

ANALIZA • PRECYZJA • WŁAŚCIWY WYBÓR • TRWAŁE EFEKTY

DOBÓR PRZEWODU DO ZWORKI

Cienki, stabilny i dopasowany do zadania.

- odbudowa przerwanej ścieżki
- połączenie wyrwanego pada z właściwym netem
- alternatywna droga dla uszkodzonego fragmentu połączenia

Uwzględnij:

- funkcję elektryczną
- długość
- grubość
- elastyczność
- izolację
- dostępną przestrzeń

1. Odetnij z zapasem
2. Usuń minimalną ilość izolacji
3. Pocynuj końce
4. Uformuj trasę
5. Dopiero potem lutuj

4 DOBRY WZORZEC

5 ZŁY WZORZEC

1. Uwzględnij długość trasy, miejsce, funkcję połączenia i ryzyko kolizji.
2. Dobry przewód jest cienki, elastyczny, izolowany i łatwy do prowadzenia.
3. Zbyt gruby obciąża pad; zbyt cienki może być mechanicznie słaby.
4. Wybierz przewód, który pozwoli później bezpiecznie złożyć urządzenie.

PROWADZENIE ZWORKI

Najkrótsza bezpieczna droga między punktami A i B.



1. Najpierw określ punkty A i B oraz zaplanuj trasę.
2. Prowadź przewód blisko PCB, bez wysokich pętli.
3. Unikaj złączy, śrub, ostrych krawędzi i wysokich komponentów.
4. Krótka, logiczna i stabilna trasa ułatwia późniejszą diagnostykę.

MOCOWANIE ZWORKI

Odciąż punkty lutownicze po potwierdzeniu połączenia.

- Unieruchomienie przewodu.
- Zabezpieczenie krawędzi odbudowanego pada.
- Odciążenie punktów lutowniczych.
- Ochrona naprawionej ścieżki.

W PRAKTYCE

- Ciągłość.
- Brak zwarcia.
- Właściwe połączenie.
- Prawidłowa pozycja.

Potem:



- Stabilizacja

- Na odcinku przewodu między punktami.
- Przy krawędziach odbudowanego pola.
- Na bezpiecznej części laminatu.

W PRAKTYCE

- Na powierzchni aktywnego pada.
- Na pinach komponentu.
- Na punktach, które trzeba jeszcze sprawdzić.
- Na elementach ruchomych.
- W miejscu, które będzie mechanicznie dociskane.

UWAGA

- Materiał nie wchodzi pod komponent.
- Nie tworzy wysokiego garbu.
- Nie dotyka przypadkowych połączeń.
- Pozostawia naprawę czytelną pod mikroskopem.

W PRAKTYCE

1. Najpierw sprawdź ciągłość i brak zwarcia.
2. Mocuj przewód do stabilnego obszaru PCB, nie do aktywnego pada.
3. Zachowaj niewielki luz mechaniczny, bez naprężenia końców.
4. Po mocowaniu przewód nie powinien poruszać się ani dotykać innych pól.

PROFESJONALNE WYKOŃCZENIE

Naprawa musi być poprawna, stabilna i czytelna.

- typ komponentu
- polaryzację
- pin 1
- konstrukcję mechaniczną

- lutownica
- hot air
- kombinacja
- ochrona termiczna

- pełny rozpływ
- ruch kontrolowany
- brak podważania

- pady
- orientacja
- centrowanie
- minimalna ilość lutu

- komponent
- wszystkie wyprowadzenia
- pady
- sąsiednie elementy
- czystość

CZY POTRAFISZ?

SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ — ODPOWIEDZ NA PYTANIA:



1 Elektrycznie: właściwy net, ciągłość i brak zwarć.

2 Mechanicznie: pad i przewód stabilne, bez naprężenia.

3 Wizualnie: czyste spoiny, krótka trasa, brak nadmiaru lutu.

4 Funkcjonalnie: odpowiedni test naprawianego obwodu.

MODUŁ 5 — BGA, REBALLING I BIBLIO

Połączenia ukryte wymagają pełnej kontroli procesu.



- Kulki BGA pełnią kluczową rolę w montażu układu.
- Utworzenie połączeń pomiędzy układem BGA a PCB.
- Zapewnienie kontrolowanej wysokości montażu.
- Umożliwienie rozpływu na matrycy

Sprawdź:

- Zgodność średnicy z układem.
- Raster BGA.
- Stencil.
- Specyfikację zastosowanej metody reballingu.

Upewnij się, że:

- Kulki czyste.
- Podobna średnica.
- Brak zanieczyszczeń.
- Właściwy rozmiar.
- Stencil zgodny z układem.

Sprawdź:

- Czy każda kulka istnieje.
- Czy wszystkie są podobnej wielkości.
- Czy są centralne.
- Czy nie ma połączeń pomiędzy nimi.

Unikaj:

- Mieszanie różnych średnic.
- Brak kontroli pustych pozycji.
- Zanieczyszczone kulki.
- Użycie nieodpowiedniego stencila.
- Montaż mimo jednego wadliwego

1. BGA: demontaż, czyszczenie i przygotowanie footprintu.
2. Stencil i kulki: równa matryca przed montażem.
3. Pozycjonowanie i reflow: kontrolowane ciepło bez nacisku.
4. Biblioteka procedur: szybkie karty do pracy na stanowisku.

BGA — BUDOWA I ROZPOZNAWANIE

Połączenia znajdują się pod układem.



- Kulki BGA pełnią kluczową rolę w montażu układu.
- Utworzenie połączeń pomiędzy układem BGA a PCB.
- Zapewnienie kontrolowanej wysokości montażu.
- Umożliwienie rozpływu na matrycy

Sprawdź:

- Zgodność średnicy z układem.
- Raster BGA.
- Stencil.
- Specyfikację zastosowanej metody reballingu.

Upewnij się, że:

- Kulki czyste.
- Podobna średnica.
- Brak zanieczyszczeń.
- Właściwy rozmiar.
- Stencil zgodny z układem.

Sprawdź:

- Czy każda kulka istnieje.
- Czy wszystkie są podobnej wielkości.
- Czy są centralne.
- Czy nie ma połączeń pomiędzy nimi.

Unikaj:

- Mieszanie różnych średnic.
- Brak kontroli pustych pozycji.
- Zanieczyszczone kulki.
- Użycie nieodpowiedniego stencila.
- Montaż mimo jednego wadliwego

1. Matryca kulek łączy układ z padami PCB.
2. Po montażu spoiny są w większości niewidoczne.
3. Dokładne pozycjonowanie i równomierne nagrzewanie są kluczowe.
4. Proces obejmuje demontaż, czyszczenie, reballing i ponowny montaż.

PRZYGOTOWANIE OBSZARU BGA

Zanim zaczniesz grzać, zdefiniuj ryzyko i orientację.

✓ czysty	✓ właściwy model	✓ właściwa średnica kulek	✓ układ stabilny	✓ stanowisko przygotowane
✓ pola kompletne	✓ odpowiedni raster	✓ topnik/pasta w kontrolowanej ilości	✓ stencil wycentrowany	✓ równomierne ogrzewanie możliwe
✓ powierzchnia równa	✓ nieodkształcony	✓ materiał nie jest zanieczyszczony	✓ narożniki zgodne	✓ można obserwować zachowanie kulek
✓ orientacja znana	✓ czysty		✓ brak przesunięcia	✓ brak przypadkowego ruchu stencil/układ
CZYSTY I NIEUSZKODZONY UKŁAD TO PODSTAWA TRWAŁEGO EFEKTU.	**DOBRZE DOPASOWANY I CZYSTY STENCIL ZAPEWNIA RÓWNE I POWTARZALNE KULKI.**	**WYSOKIEJ JAKOŚCI MATERIAŁ DAJE POWTARZALNE I STABILNE POŁĄCZENIA.**	**PRECYZYJNE USTAWIENIE ZAPOBIEGA NIERÓWNYM KULKOM I MOSTKOM.**	**KONTROLOWANY PROCES TERMICZNY ZAPEWNIA RÓWNE, BŁYSZCZĄCE I TRWAŁE KULKI.**

UWAGA Pośpiech → niedokładne wyrównanie → nierówne kulki → ponowne czyszczenie → kolejny cykl cieplny

Nie zaczynaj reballingu, jeśli masz wątpliwości co do układu, stencila, materiału lub pozycji!

1. Potwierdź diagnozę — nie zdejmuj BGA na próbę.
2. Zapisz pin 1 i wykonaj zdjęcie referencyjne.
3. Oceń plastik, flexy, małe SMD i warstwy termiczne płyty.
4. Przygotuj hot air, dyszę, pęsetę, topnik, osłony i stabilne mocowanie PCB.

OCHRONA POBLISKICH ELEMENTÓW P

Chroń otoczenie, nie blokując procesu cieplnego.



Ochrona termiczna nie naprawia złej techniki — tylko wspiera dobrą.

1. Zidentyfikuj plastik, mikrofony, małe SMD, taśmy i klejone elementy.
2. Stosuj lokalne ekranowanie, gdy jest potrzebne.
3. Nie kieruj strumienia pod złącza i nie używaj zbędnie wysokiego airflow.
4. Po demontażu sprawdź także elementy, które otrzymały ciepło.

KONTROLOWANY DEMONTAŻ BGA

Podnieś układ dopiero po pełnym rozpływie.

- ruch
- zmiana zachowania topnika
- reakcja lutu
- stabilność sąsiednich elementów

Komponent powinien sam się poruszać, nie wymuszaj siły.

- maska soldermask
- odbarwienia
- kleje
- plastik
- komponenty obok

Nadmierna temperatura może trwale uszkodzić płytę.

- temperatura
- czas
- ruch
- przepływ
- odległość
- masa końcówki / dyszy

Używaj możliwie niskich parametrów, które dają efekt.

- topnik intensywnie się pali
- plastik zaczyna się deformować
- soldermask wyraźnie zmienia kolor
- sąsiednie komponenty pływają
- pad zaczyna się podnosić

Natychmiast przerwij ogrzewanie, aby uniknąć trwałych uszkodzeń.

CZY KOMPONENT JEST JUŻ UWOLNIONY?

DODATKOWE

1. Nałóż kontrolowaną ilość topnika i ogrzewaj równomiernie.
2. Utrzymuj płynny ruch, stabilną odległość i kontrolowany airflow.
3. Testuj tylko minimalnym ruchem bocznym pęsety — bez podważania.
4. Gdy układ porusza się swobodnie, podnieś pionowo i zakończ grzanie.

PADY PO DEMONTAŻU BGA

Wyrównaj powierzchnię bez zrywania pól.



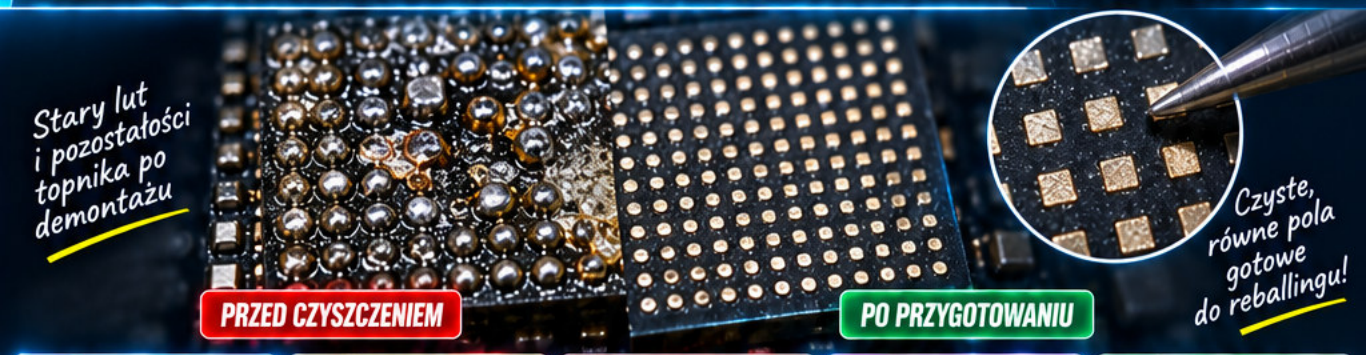
1. Najpierw obejrzyj footprint i zaznacz podejrzane pady.
2. Użyj topnika, świeżej plecionki i odpowiedniego grotu.
3. Nie dociskaj ani nie szoruj — pozwól lutowi wejść w plecionkę.
4. Po czyszczeniu sprawdź kompletność, wysokość i stabilność wszystkich padów.

PRZYGOTOWANIE UKŁADU BGA — USUŃ STARY LUT BEZ USZKODZENIA PÓL

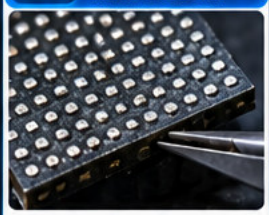
Reballing zaczyna się od równej, czystej i kompletnej powierzchni układu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

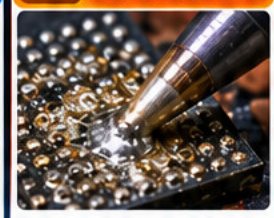


1 NAJPIERW INSPEKCJA



- sprawdź, czy układ nie jest mechanicznie uszkodzony
- obejrzyj narożniki
- sprawdź pola lutownicze
- poszukaj pęknięć lub ubytków
- potwierdź orientację układu

2 USUŃ POZOSTAŁOŚCI LUTU



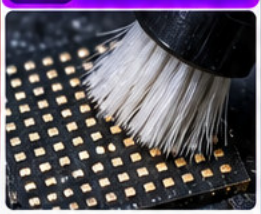
- zastosuj odpowiednią ilość topnika
- użyj grotu o dobrej powierzchni kontaktu
- wyrównuj lut stopniowo
- nie dociskaj grotu do podłoża układu
- pracuj krótkimi, kontrolowanymi przejściami

3 PLECIONKA — JEŚLI POTRZEBNA



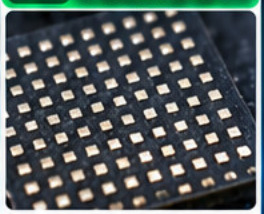
- topnik na powierzchni
- lekki nacisk
- lut musi być płynny
- nie ciągnąć plecionki po zimnym polu

4 WYCZYŚĆ



- usuń pozostałości topnika
- powierzchnia musi być czytelna pod mikroskopem
- nie pozostawiaj włókien ani fragmentów plecionki

5 SPRAWDŹ POLA UKŁADU



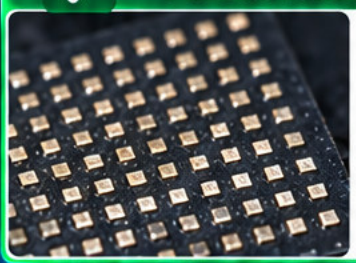
- wszystkie pola obecne
- brak nadmiaru lutu
- brak zwarć
- brak uszkodzenia laminatu/warstwy podłoża
- powierzchnia wystarczająco równa

NIEPRZYGOTOWANY UKŁAD



- pozostałości lutu i topnika
- nierówna wysokość pól
- zanieczyszczona powierzchnia
- utrudnione formowanie kulek
- ryzyko uszkodzenia podczas reballingu

PRZYGOTOWANY UKŁAD



- czysta powierzchnia
- równe i kompletne pola
- brak pozostałości topnika
- gotowy do użycia szablonu
- bezpieczny proces reballingu

PROCES PRZYGOTOWANIA UKŁADU



PORÓWNANIE POLA



UWAGA

Nie próbuj uzyskać idealnie błyszczącej powierzchni kosztem agresywnego tarcia.

Celem jest równa, czysta i kompletna powierzchnia, a nie efekt lustrzany.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

STENCIL BGA — WYRÓWNANIE DECYDUJE O JAKOŚCI KULEK

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Każdy otwór szablonu musi pokrywać się z właściwym polem układu.



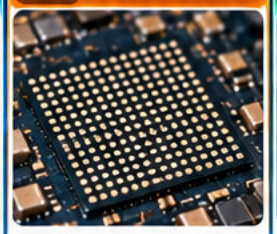
1 DOBIERZ WŁAŚCIWY STENCIL



- zgodność z układem
- raster / pitch
- średnicę otworów
- układ brakujących pozycji
- orientację

UŻYWAJ STENCILI WYSOKIEJ JAKOŚCI, DOPASOWANYCH DO DANEGO UKŁADU.

2 USTAW UKŁAD



- powierzchnia czysta
- układ stabilny
- brak resztek lutu wystających ponad pola

CZYSTA I STABILNA POWIERZCHNIA TO PODSTAWA RÓWNOMIERNEGO NANOSZENIA PASTY.

3 WYRÓWNAJ STENCIL



- patrz pod mikroskopem
- każdy otwór centralnie nad polem
- sprawdź narożniki
- sprawdź środek matrycy

DOKŁADNE WYRÓWNANIE ZAPOBIEGA BRAKOM KULEK I POWSTAWANIU MOSTKÓW.

4 UNIERUCHOM



- stencil nie może przesuwać się podczas nanoszenia materiału
- układ również musi pozostać nieruchomy

UŻYJ RAMKI MONTAŻOWEJ LUB UCHWYTÓW. RUCH PODCZAS APLIKACJI POGARSZA REZULTAT.

5 KONTROLUJ PRZED GRZANIEM



- powiększenie
- cztery rogi
- środek
- brak przesunięcia

SKONTROLUJ CAŁY OBSZAR PRZED ZDJĘCIEM SZABLONU. ŁATWIEJ POPRAWIĆ TERAZ NIŻ PO GRZANIU.

✕ PRZESUNIĘTY STENCIL

BŁĄD POWTARZA SIĘ NA CAŁEJ MATRYCY!



✓ WYŚRODKOWANY STENCIL

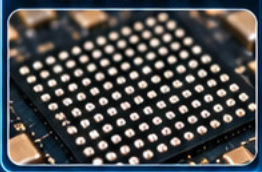
KAŻDY OTWÓR NAD WŁAŚCIWYM POLEM



Jeżeli stencil jest źle ustawiony przed grzaniem, ciepło nie naprawi geometrii.

DOKŁADNE USTAWIENIE • CZYSTA PRACA • LEPSZE REZULTATY

EFEKT KOŃCOWY



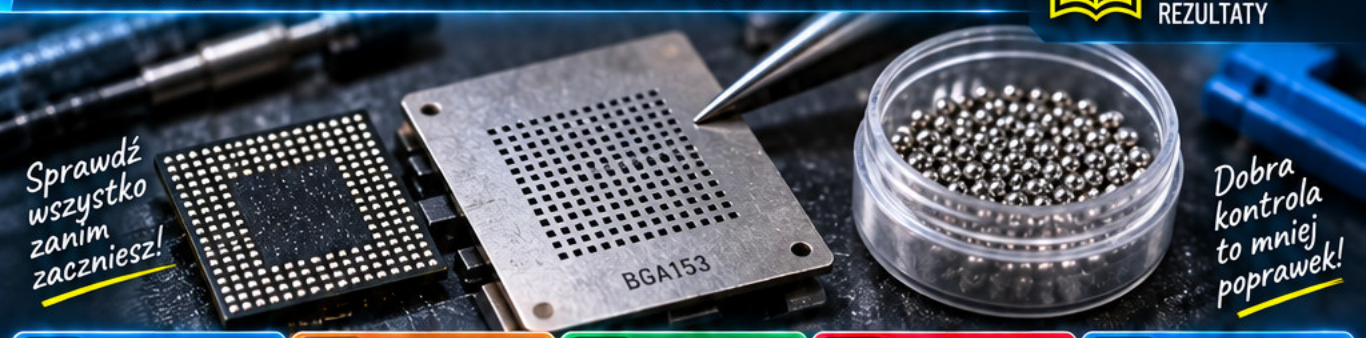
- równe kulki
- brak mostków
- pełne pokrycie
- wysoka jakość

PRZYGOTOWANIE DO REBALLINGU — KONTROLA PRZED FORMOWANIEM KULEK

Im lepiej przygotowana powierzchnia i stencil, tym mniej poprawek po rozpływie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



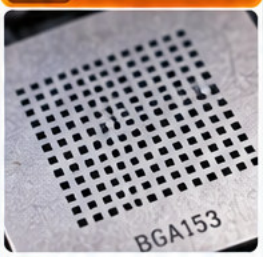
1 UKŁAD



- czysty
- pola kompletne
- powierzchnia równa
- orientacja znana

CZYSTY I NIEUSZKODZONY UKŁAD TO PODSTAWA TRWAŁEGO EFEKTU.

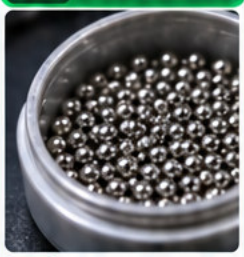
2 STENCIL



- właściwy model
- odpowiedni raster
- nieodkształcony
- czysty

DOBRZE DOPASOWANY I CZYSTY STENCIL ZAPEWNIA RÓWNE I POWTARZALNE KULKI.

3 MATERIAŁ



- właściwa średnica kulek
- topnik/pasta w kontrolowanej ilości
- materiał nie jest zanieczyszczony

WYSOKIEJ JAKOŚCI MATERIAŁ DAJE POWTARZALNE I STABILNE POŁĄCZENIA.

4 POZYCJA



- układ stabilny
- stencil wycentrowany
- narożniki zgodne
- brak przesunięcia

PRECYZYJNE USTAWIENIE ZAPOBIEGA NIERÓWNYM KULKOM I MOSTKOM.

5 PROCES TERMICZNY



- stanowisko przygotowane
- równomierne ogrzewanie możliwe
- można obserwować zachowanie kulek
- brak przypadkowego ruchu stencil/układ

KONTROLOWANY PROCES TERMICZNY ZAPEWNIA RÓWNE, BŁYSZCZĄCE I TRWAŁE KULKI.

UWAGA

Pośpiech → niedokładne wyrównanie → nierówne kulki → ponowne czyszczenie → kolejny cykl cieplny

Nie zaczynaj reballingu, jeśli masz wątpliwości co do układu, stencila, materiału lub pozycji!

OD PRZYGOTOWANIA DO GOTOWEGO EFEKTU

1. CZYSZCZENIE UKŁADU



Usuń starą cynę i pozostałości. Zapewnij czystą powierzchnię.

2. DOBÓR I PRZYGOTOWANIE STENCILA



Użyj właściwego modelu. Sprawdź stan i oczyść.

3. NANIESIENIE KULEK



Rozprowadź kulki równomiernie. Użyj minimalnej ilości topnika.

4. ROZPŁYW



Kontroluj temperaturę i obserwuj kule.

5. GOTOWY EFEKT



Równe, błyszczące kulki. Gotowe do montażu.

Dobra kontrola przed grzaniem ogranicza liczbę cykli termicznych.

PRZYGOTOWANIE • PRECYZJA • MNIEJ POPRAWEK • TRWAŁE REZULTATY

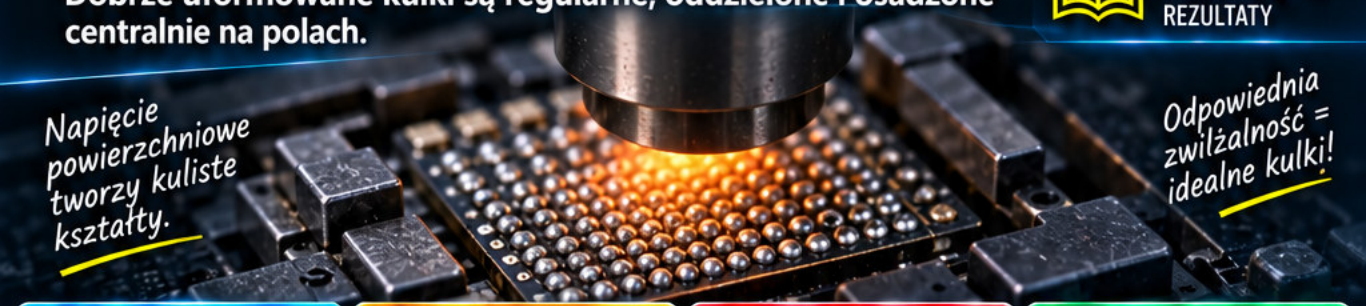
GOTOWE DO REBALLINGU

FORMOWANIE KULEK BGA — OBSERWUJ MOMENT ROZPŁYWU

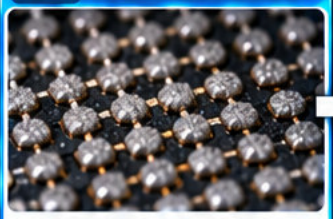
PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Dobrze uformowane kulki są regularne, oddzielone i osadzone centralnie na polach.



1 MATERIAŁ PRZED ROZPŁYWEM



Rozłożony materiał w postaci pasty lub proszku.

2 POCZĄTEK ROZPŁYWU



Materiał zaczyna się topić.

3 FORMOWANIE KULEK



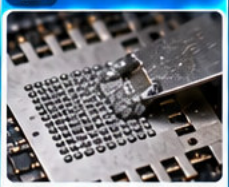
Napięcie powierzchniowe kształtuje kuliste formy.

4 PRAWIDŁOWE KULKI



Gotowe kulki BGA.

1 ROZŁÓŻ MATERIAŁ



- ✓ równomiernie
- ✓ bez pustych pozycji
- ✓ bez dużych skupisk

2 USUŃ NADMIAR



- ✓ szczególnie między otworami
- ✓ nie pozostawiaj materiału, który może stworzyć mostki

3 ROZPOCZNIJ OGRZEWANIE



- ✓ równomiernie
- ✓ bez kierowania silnego nawiewu, który przesunie materiał

4 OBSERWUJ ZMIANĘ KSZTAŁTU



- ✓ materiał zaczyna się zaokrąglać
- ✓ kule stają się wyraźnie oddzielone
- ✓ powierzchnia stabilizuje się

5 ZAKOŃCZ GRZANIE



- ✓ gdy wszystkie kulki są prawidłowo uformowane
- ✓ nie przedłużaj procesu bez potrzeby

6 POZWÓL OSTYGNĄĆ



- ✓ nie przesuwaj stencil/układu podczas krzepnięcia

✓ WZORZEC



- ✓ podobna średnica
- ✓ równa wysokość
- ✓ kuliste
- ✓ centralnie na polach
- ✓ brak połączenia z sąsiednią kulką

Tak powinny wyglądać prawidłowo uformowane kulki BGA.

✗ NIEPOKOJĄCE OBJAWY



kulka spłaszczona



dwie połączone



brak jednej pozycji



kula przesunięta



znacznie większa od pozostałych

Nie licz tylko czasu — obserwuj geometrię kulek.

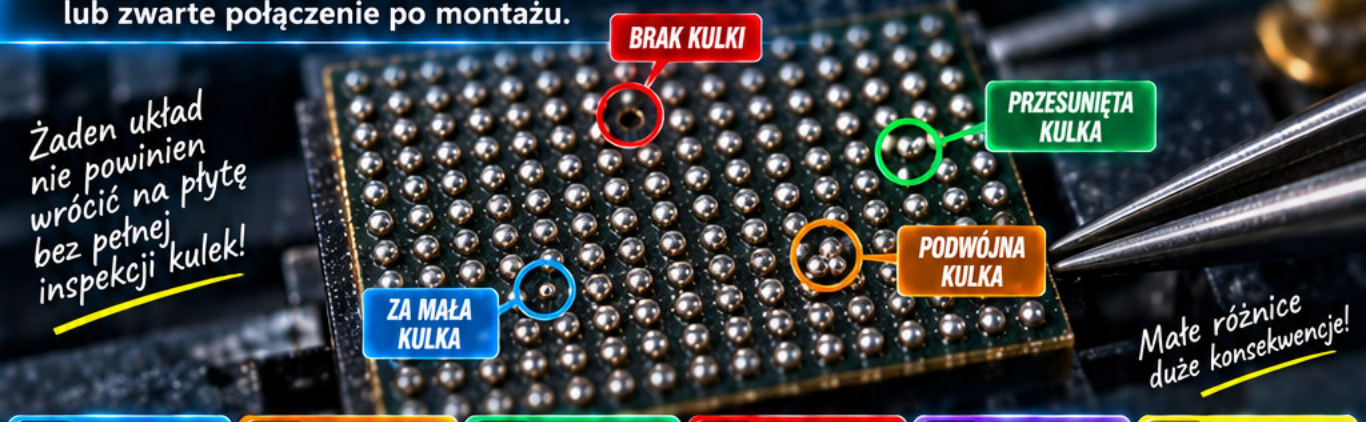
DOBRA TECHNIKA • LEPSZE EFEKTY • STABILNE POŁĄCZENIA

INSPEKCJA KULEK — SPRAWDŹ CAŁĄ MATRYCĘ PRZED MONTAŻEM

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Jedna nieprawidłowa kulka może oznaczać jedno brakujące lub zwarte połączenie po montażu.



Żaden układ nie powinien wrócić na płytę bez pełnej inspekcji kulek!

Małe różnice duże konsekwencje!

1 LICZBA



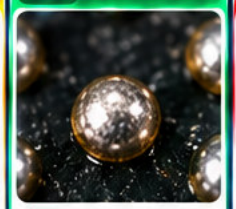
- brak pustych pozycji
- wszystkie wymagane miejsca obsadzone

2 ROZMIAR



- kulki mają podobną średnicę
- brak wyraźnie większych/mniejszych

3 KSZTAŁT



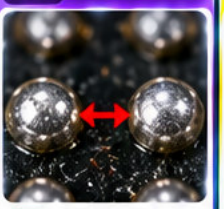
- regularne
- kuliste
- bez ogonków i nieregularnych wypływów

4 POZYCJA



- centralnie na polach
- brak przesunięcia ku sąsiedniej pozycji

5 SEPARACJA



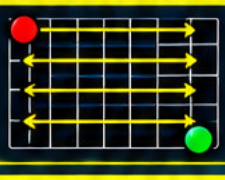
- brak mostków
- wyraźna przestrzeń między kulkami

6 STABILNOŚĆ



- po ostygnięciu kulki nie powinny odłączać się przy delikatnej manipulacji układem

METODA SKANOWANIA MATRYCY



1. Lewy górny róg
2. rząd po rzędzie
3. prawy dolny róg.

Sprawdzaj systematycznie, nie pomijaj żadnej części matrycy.

SYSTEMATYCZNA INSPEKCJA TO PEWNOŚĆ I MNIEJ PROBLEMÓW PO MONTAŻU.

PORÓWNANIE — PRZYKŁADY STANÓW KULEK

✓ WZORZEC



Prawidłowa kulka. Odpowiedni rozmiar, kształt i pozycja.

⚠ ZA MAŁA KULKA



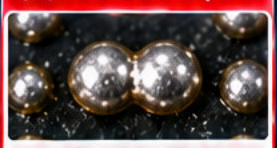
Zbyt mała kulka. Może nie zapewnić pewnego połączenia.

✗ BRAK KULKI



Brak kulki. Powoduje przerwę w połączeniu.

✗ PODWÓJNA / POŁĄCZONA



Dwie kulki połączone. Ryzyko zwarcia między połami.

✗ PRZESUNIĘTA



Kulka przesunięta. Może powodować słabe połączenie lub zwarcie.

Jeżeli znajdziesz jeden błąd, nie zakładaj, że reszta jest poprawna. Dokończ inspekcję całej matrycy.

Sprawdź wszystko od początku do końca!

BŁĘDY W REBALLINGU – OBJAW → PRZYCZYNA → KOREKTA

Nie poprawiaj losowo. Najpierw ustal, dlaczego kulka wyszła nieprawidłowo.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Prawidłowa kulka: kulisty kształt, połysk, jednakowa wysokość.

1 BRAK KULKI



Możliwe przyczyny:

- brak materiału
- otwór stencil niedopełniony
- niewłaściwe zwilżenie pola

Korekta:

- oczyść
- sprawdź pole
- uzupełnij proces kontrolowanie

2 DWIE KULKI POŁĄCZONE



Możliwe przyczyny:

- nadmiar materiału
- stencil przesunięty
- zanieczyszczenie między polami

Korekta:

- nie montuj układu
- usuń wadliwy materiał
- oczyść i wykonaj ponownie

3 KULKA PRZESUNIĘTA



Możliwe przyczyny:

- niecentryczny stencil
- ruch podczas reflow
- nierównomierna ilość materiału

Korekta:

- oczyść
- popraw ustawienie stencila
- powtórz proces z właściwymi parametrami

4 KULKI O RÓŻNEJ WYSOKOŚCI



Możliwe przyczyny:

- różna ilość materiału
- pozostałości starego lutu
- niejednorodne przygotowanie pól

Korekta:

- oczyść pola
- ujednolić ilość materiału
- przygotuj pola zgodnie ze standardem

5 KULKA NIEPRZYTWIERDZONA



Możliwe przyczyny:

- słaba zwilżalność
- zanieczyszczenie
- niewystarczający rozpływ

Korekta:

- oczyść
- użyj odpowiedniego topnika
- zwiększ czas i temperaturę rozpływu

Układ z nieprawidłową matrycą kulek nie jest gotowy do montażu.

CZY WSZYSTKIE KULKI SĄ KOMPLETNE, RÓWNE I ODDZIELONE?



PRAWIDŁOWA MATRYCA KULEK
Równy kształt, jednakowa wysokość, oddzielone kulki.

TAK → przejdź do pozycjonowania BGA.

NIE → Czy błąd jest lokalny i powierzchnia pozostaje prawidłowa?

- TAK → wykonaj kontrolowaną korektę.
- NIE → oczyść i powtórz reballing.

Najpierw diagnoza, potem naprawa!

POZYCJONOWANIE BGA — PIN 1, KRAWĘDZIE I ŚRODEK

Układ musi znajdować się nad właściwą matrycą zanim kulki zaczną się rozpływać.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 POTWIERDŹ PIN 1



- znak na układzie
- znak na PCB
- zdjęcie przed demontażem
- boardview, gdy to potrzebne

2 NAŁÓŻ TOPNIK



- cienka, równomierna warstwa
- nie tworzyć głębokiego basenu topnika

3 USTAW UKŁAD



- centralnie nad footprintem
- krawędzie równoległe
- jednakowy margines po bokach
- brak przesunięcia o rząd/kolumnę

4 SPRAWDŹ CZTERY NAROŻNIKI



- nie tylko jeden bok
- użyj odpowiedniego powiększenia

5 NIE NACISKAJ



BGA powinien spoczywać na kulkach. Nacisk może spłaszczyć lut i zwiększyć ryzyko zwarć.

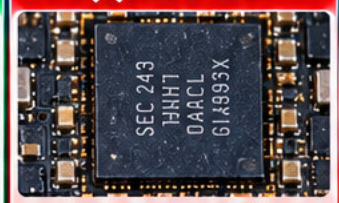
PORÓWNANIE POZYCJONOWANIA BGA

✓ CENTRALNY



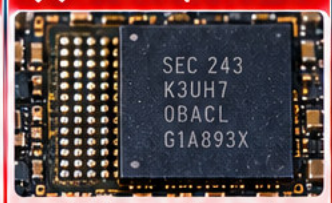
Prawidłowa orientacja i równomierne odstępy.

✗ OBRÓT 90°



Układ obrócony o 90°. Zła orientacja pinów.

✗ PRZESUNIĘCIE BOCZNE



Układ przesunięty o rząd lub kolumnę. Brak wyrównania.

✗ UKŁAD OSADZONY POD KĄTEM



Układ nie leży płasko. Różna wysokość krawędzi.

DRZEWO DECYZYJNE — CZY PIN 1 JEST ZGODNY?



Samocentrowanie pomaga tylko wtedy, gdy pozycja początkowa jest już bliska prawidłowej.



Napięcie powierzchniowe koryguje małe przesunięcia, ale nie obróci układu ani nie przeniesie go na inną matrycę.

⚠ UWAGA

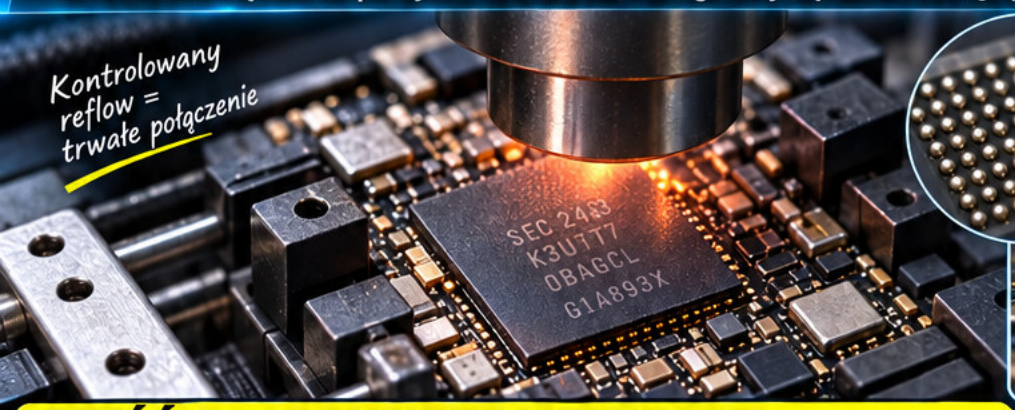
- Zawsze potwierdź pin 1.
- Użyj powiększenia.
- Sprawdź wszystkie cztery narożniki.
- Nie naciskaj na układ.
- Upewnij się, że marginesy są równe.
- Samocentrowanie działa tylko w małym zakresie.

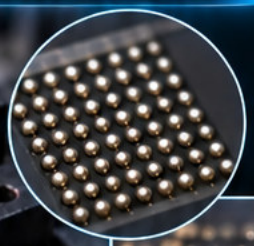
MONTAŻ BGA — REFLOW, OSIADANIE I KONTROLA KOŃCOWA

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

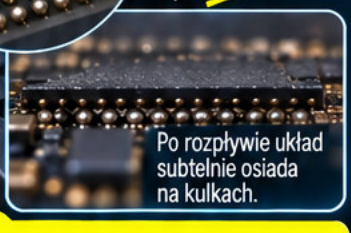
TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY

Po montażu większość spoin jest niewidoczna, dlatego liczy się kontrola całego procesu.





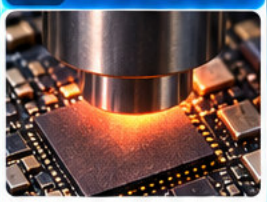
Równomierny rozpływ kulek tworzy solidne połączenia.



Po rozpływie układ subtelnie osiada na kulkach.

CZĘŚĆ A — PONOWNE LUTOWANIE

1 ROZPOCZNIJ RÓWNOMIERNE GRZANIE



- kontrolowany ruch
- odpowiednia odległość
- właściwy przepływ

Równomierne grzanie minimalizuje naprężenia i poprawia jakość połączeń.

2 OBSERWUJ TOPNIK



- aktywacja
- zmiana lepkości
- brak gwałtownego przypalania

Aktywny topnik wskazuje odpowiednią temperaturę i prawidłowy przebieg procesu.

3 OBSERWUJ UKŁAD



- subtelne osiadanie podczas rozpływu
- minimalny efekt samocentrowania

Układ powinien samoistnie i równomiernie osiąść na kulkach.

4 NIE PRZESUWAJ UKŁADU W REFLOW



- nie dociskaj
- nie popychaj bez potrzeby

⚠ Ruch podczas rozpływu może spowodować zwarcia, mostki i złe pozycjonowanie.

5 ZAKOŃCZ OGRZEWANIE



- po prawidłowym rozpływie
- pozwól układowi ostygnąć bez ruchu

Kontrolowane chłodzenie zapewnia stabilne i trwałe połączenia.

CZĘŚĆ B — INSPEKCJA PO ZABIEGU

1 SPRAWDŹ WIZUALNIE:



- orientację
- centrowanie
- wysokość/osadzenie
- otoczenie
- ewentualne kulki lutu wokół układu
- przesunięte sąsiednie komponenty

Dokładna inspekcja wizualna pozwala wykryć wiele problemów, zanim urządzenie zostanie złożone.

2 SPRAWDŹ ELEKTRYCZNIE / FUNKCJONALNIE, GDY WŁAŚCIWE:



- czy nie wystąpiło oczywiste zwarcie
- czy naprawiany obwód reaguje prawidłowo
- wykonaj odpowiednie testy przed pełnym składaniem urządzenia

Pomiar i testy funkcjonalne potwierdzają skuteczność naprawy.

⚠ SYGNAŁY OSTRZEGAWCZE



- układ przesunął się poza footprint
- nierówny kąt
- sąsiednie komponenty pływały
- widoczna kulka lutu poza obszarem
- zachowanie układu podczas reflow było nietypowe

Jeśli występują te objawy — przeanalizuj proces, znajdź przyczynę i w razie potrzeby powtórz naprawę.

PEŁNY PROCES BGA

Diagnoza → Demontaż → Czyszczenie PCB → Czyszczenie BGA → Stencil → Kulki → Inspekcja → Pozycjonowanie → Reflow → Kontrola

Proces BGA kończy się dopiero po kontroli — nie w chwili, gdy przestajesz grzać.

Od następnej strony: szybkie karty proceduralne do użycia bezpośrednio przy stanowisku.

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

SYTUACJA 01 – ELEMENT NIE CHCE ZEJŚĆ Z PŁYTY

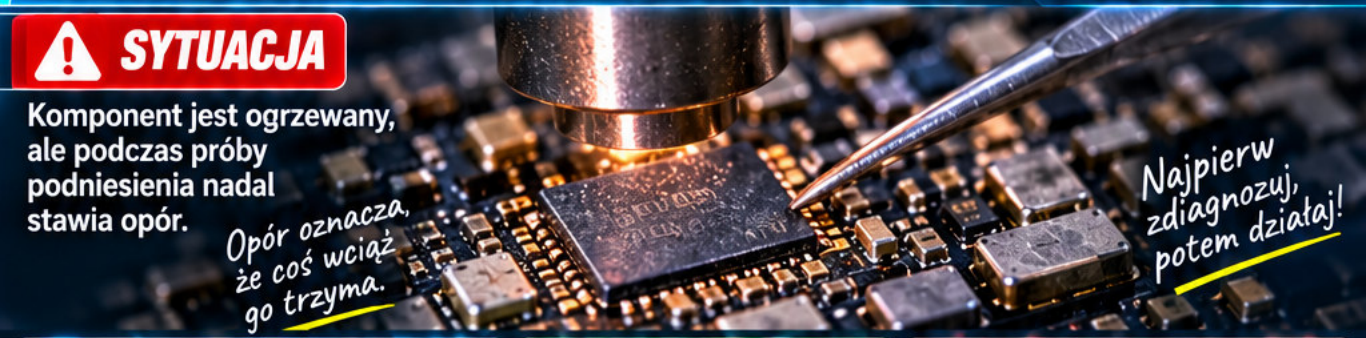
Nie ciągnij mocniej. Znajdź, co nadal go trzyma.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

SYTUACJA

Komponent jest ogrzewany, ale podczas próby podniesienia nadal stawia opór.



NARZĘDZIA


mikroskop


lutownica lub hot air zależnie od komponentu


pęseta


odpowiednia dysza/grot

MATERIAŁY


topnik


ewentualnie świeży lut



środki do czyszczenia

PUNKTY UWAGI


duże pola masy


kotwy złączy


ukryte połączenia


klej


niedostateczny transfer ciepła

PRZYGOTUJ

1. Zatrzymaj ciągnięcie.
2. Sprawdź liczbę połączeń.
3. Poszukaj kotew mechanicznych.
4. Oceń masę termiczną.
5. Sprawdź, czy jedna strona nie pozostaje chłodniejsza.

WYKONAJ

1. Dodaj topnik, jeśli potrzebny.
2. Popraw przekazywanie ciepła.
3. Ogrzewaj równomiernie.
4. Testuj minimalnym ruchem.
5. Podnieś dopiero bez oporu.

ZAKOŃCZ

- wyłącz źródło ciepła
- odłóż komponent
- sprawdź pady
- sprawdź otoczenie

Czyste = pady to podstawa kolejnego montażu!

PORÓWNANIE

BŁĘDNIE: mocniejsze ciągnięcie pęsetą



Może uszkodzić pady, ścieżki lub sam komponent.

WZORZEC: dalsze kontrolowane grzanie aż do swobodnego uwolnienia



Element odchodzi łatwo, bez użycia siły.

DRZEWO DECYZYJNE

Czy element porusza się bez oporu?

- NIE → nie podnoś.
- TAK → usuń pionowo.

Opór = STOP dla siły, START dla diagnozy.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

SYTUACJA 02 — LUT NIE CHCE ZWILŻYĆ PADU LUB WYPROWADZENIA

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Nie dodawaj więcej lutu. Najpierw usuń przyczynę słabej zwilżalności.

1 SYTUACJA



Lut topi się, ale pozostaje w formie kropli, cofa się od powierzchni lub nie tworzy stabilnego połączenia.

2 NARZĘDZIA



mikroskop



lutownica

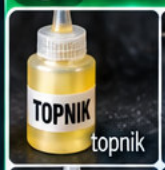


odpowiedni grot



narzędzia do czyszczenia

3 MATERIAŁY



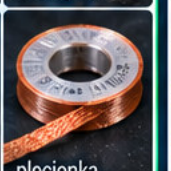
topnik



świeży lut



środek czyszczący



plecionka, jeśli potrzebna

Ta sama ilość lutu, lepszy efekt po poprawie powierzchni!

4 PRZYGOTUJ

1. Usuń starą, niestabilną masę lutu.
2. Wyczyść pad/terminal.
3. Obejrzyj powierzchnię.
4. Sprawdź stan grotu.
5. Oceń, czy pad nie jest uszkodzony lub utleniony.

5 WYKONAJ



1. Nałóż niewielką ilość topnika.
2. Ogrzej powierzchnię, którą lut ma zwilżyć.
3. Dodaj małą ilość świeżego lutu.
4. Obserwuj rozpływ.
5. Przerwij, jeśli topnik szybko ciemnieje bez poprawy zwilżenia.

6 ZAKOŃCZ



- ✓ usuń ciepło
- ✓ pozwól spoinie ostygnąć
- ✓ wyczyść
- ✓ sprawdź kontakt pad → lut → terminal

7 PUNKTY UWAGI

- ⚠ utlenienie
- ⚠ zabrudzenie
- ⚠ zużyty grot
- ⚠ za krótki lub niewłaściwy kontakt cieplny
- ⚠ uszkodzona metalizacja
- ⚠ niewłaściwy topnik/materiał

✗ BŁĘDNIE



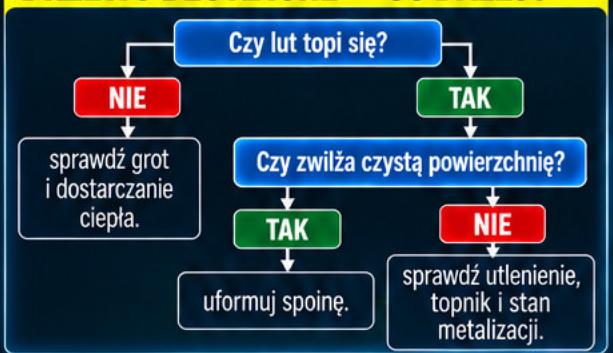
BŁĘDNIE: dodawanie coraz większej ilości lutu do brudnego pola.

✓ WZORZEC



WZORZEC: czyszczenie → topnik → prawidłowe ogrzanie → mała ilość świeżego lutu.

DRZEWO DECYZYJNE — CO DALEJ?



PRZYKŁADY NA PŁYCIE

KULKA



Lut tworzy kulkę i nie zwilża padu.

COFANIE SIĘ



Lut cofa się od powierzchni.

PRAWIDŁOWE ZWILŻENIE



Poprawne zwilżenie — gładka, błyszcząca spoina.

Słaba zwilżalność to problem powierzchni lub procesu — nie problem ilości lutu.

CZYSTA POWIERZCHNIA • ODPOWIEDNI TOPNIK • WŁAŚCIWA TEMPERATURA • TRWAŁE EFEKTY

SYTUACJA 03 — POWSTAJE MOSTEK MIĘDZY PINAMI

Nie dodawaj kolejnego lutu. Najpierw usuń nadmiar i odzyskaj separację między wyprowadzeniami.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

SYTUACJA

Po lutowaniu dwa lub więcej sąsiednich wyprowadzeń zostały połączone wspólną masą lutu.



NARZĘDZIA


mikroskop


lutownica


odpowiednio dobrany grot


pęseta

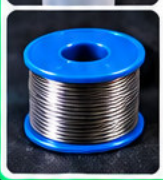

plecionka, jeśli potrzebna

MATERIAŁY


topnik



środek czyszczący


opcjonalnie niewielka ilość świeżego lutu, jeśli stary materiał jest mocno utleniony.

PRZYGOTUJ

1. Wyczyść obszar na tyle, aby dokładnie zobaczyć mostek.
2. Sprawdź, ile pinów zostało połączonych.
3. Upewnij się, że komponent jest prawidłowo ustawiony.
4. Sprawdź stan grotu.
5. Nałóż małą ilość topnika.

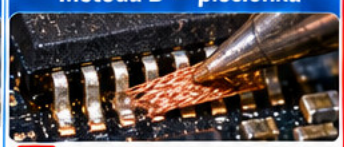
WYKONAJ

Metoda A — czysty grot



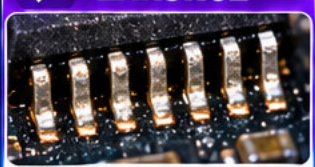
1. Ogrzej mostek.
2. Pozwól lutowi stać się płynnym.
3. Przeprowadź grot w kierunku końca wyprowadzeń.
4. Oczyść grot.
5. Powtórz tylko, jeśli potrzebne.

Metoda B — plecionka



1. Umieść plecionkę nad nadmiarem lutu.
2. Ogrzej przez plecionkę.
3. Pozwól, aby lut został wchłonięty.
4. Unieś grot i plecionkę bez ciągnięcia po pinach.

ZAKOŃCZ



- wyczyść topnik
- obejrzyj każdy pin osobno
- sprawdź, czy nie powstała przerwa w innym połączeniu
- potwierdź separację między wyprowadzeniami

PUNKTY UWAGI

- nadmiar lutu
- zbyt duża ilość materiału na grocie
- przesunięty komponent
- za mało topnika podczas lutowania wielopinowego
- niekontrolowany ruch podczas drag soldering.

PORÓWNANIE

BŁĘDNIE: próba rozdzielenia pinów ostrym narzędziem



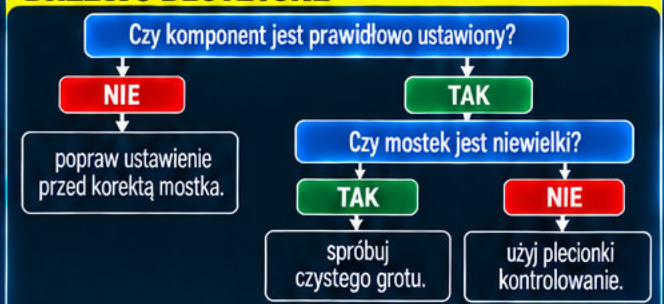
Może uszkodzić piny, ścieżki lub sam komponent.

WZORZEC: topnik → płynny lut → kontrolowane usunięcie nadmiaru



Mostek usuwa się bez uszkodzeń, z zachowaniem separacji.

DRZEWO DECYZYJNE



Mostek usuwa się kontrolą ilości lutu, nie mechanicznym rozdzielaniem pinów.

CZYSTA PRACA • ODPOWIEDNI TOPNIK • KONTROLA TEMPERATURY • CIERPLIWOŚĆ • LEPSZE REZULTATY

SYTUACJA 04 – PAD ZACZYNA SIĘ PODNOSIĆ

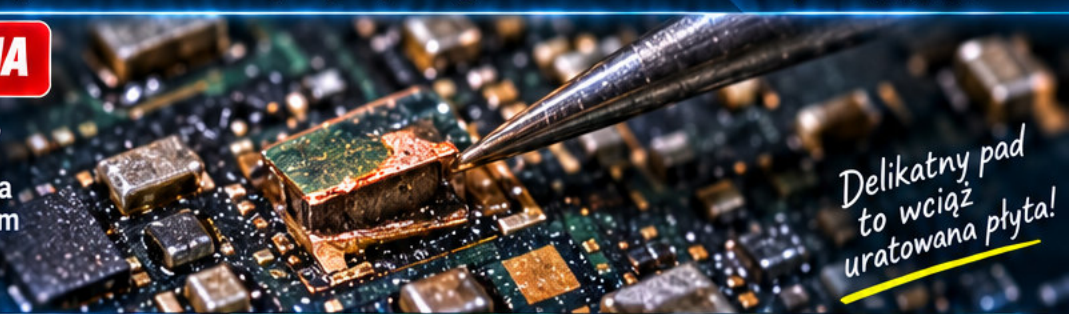
Nie próbuj ‘dokończyć’ lutowania. Zatrzymaj ciepło i ogranicz uszkodzenie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

SYTUACJA

Podczas czyszczenia, rozlutowywania lub lutowania pad zaczyna poruszać się względem laminatu albo jego krawędź unosi się.



Delikatny pad to wciąż uratowana płyta!

NARZĘDZIA



mikroskop



pęseta o bardzo lekkim chwycie



lutownica

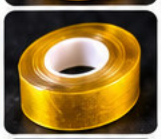


narzędzia do dalszej odbudowy, jeśli konieczna

MATERIAŁY



topnik



materiał zabezpieczający zgodny z procedurą naprawczą



ewentualny przewodnik/pad naprawczy

PRZYGOTUJ

1. Natychmiast przerwij mechaniczne ciągnięcie.
2. Usuń źródło ciepła.
3. Pozwól obszarowi ostygnąć.
4. Oczyść delikatnie.
5. Obejrzyj połączenie pada ze ścieżką.

WYKONAJ

Jeśli pad jest nadal połączony:



1. Nie wyginaj go.
2. Oceń możliwość ustabilizowania.
3. Ogranicz kolejne cykle cieplne.
4. Zaplanuj montaż tak, aby pad nie był naprężany.

Jeśli pad jest częściowo uniesiony:



1. Ustal ciągłość ze ścieżką.
2. Rozważ odbudowę lub wzmocnienie.

ZAKOŃCZ

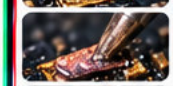


1. Sprawdź, czy pad jest stabilny.
2. Sprawdź ciągłość elektryczną.
3. Oceń, czy standardowy montaż jest nadal bezpieczny.

PUNKTY UWAGI



zbyt duży nacisk plecionką



ciągnięcie zimnej plecionki



długi kontakt grotu



mechaniczne podważanie komponentu



wielokrotne nagrzewanie tego samego pola

PORÓWNANIE

BŁĘDNIE: kontynuowanie lutowania na ruszającym się padzie



Może całkowicie oderwać pad i uszkodzić ścieżkę.

WZORZEC: STOP → ostudzenie → ocena → stabilizacja/odbudowa



Pad można uratować i bezpiecznie wykorzystać.

DRZEWO DECYZYJNE

Czy pad pozostaje mechanicznie stabilny?

- **TAK** → oceń ciągłość i możliwość dalszej pracy.
- **NIE** → Nie wykonuj standardowego montażu.

Ruch pada = natychmiastowy sygnał STOP.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

SYTUACJA 05 — SĄSIEDNI ELEMENT PRZESUNĄŁ SIĘ PODCZAS HOT AIR

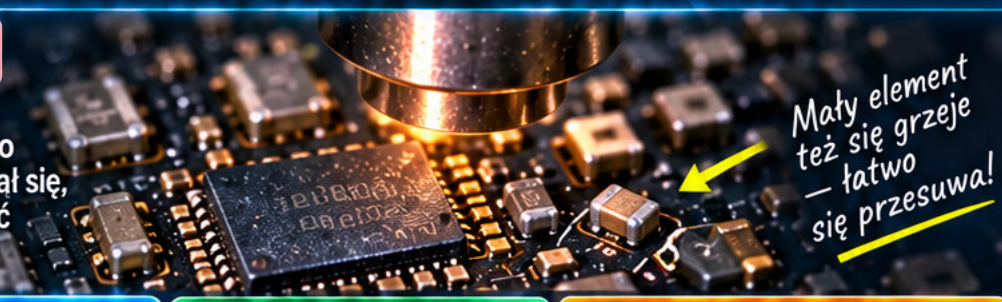
Najpierw zatrzymaj proces. Potem przywróć otoczenie do właściwego stanu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

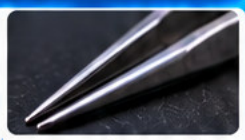
SYTUACJA

Podczas ogrzewania komponentu docelowego mały SMD obok przesunął się, obrócił lub zaczął pływać na roztopionym lucie.



NARZĘDZIA


mikroskop


precyzyjna pęseta


hot air


lutownica, jeśli potrzebna do korekty lokalnej

MATERIAŁY


topnik


niewielka ilość lutu



środki do czyszczenia

PRZYGOTUJ

1. Zatrzymaj dalsze zwiększanie nawiewu.
2. Zapamiętaj lub sfotografuj aktualną pozycję.
3. Sprawdź zdjęcie referencyjne „przed”, jeśli istnieje.
4. Ustal orientację przesuniętego komponentu.

WYKONAJ

1. Zmniejsz przepływ lub przerwij hot air.
2. Jeżeli lut nadal jest płynny, skoryguj bardzo delikatnie.
3. Jeśli zastygł — nie przesuwaj na siłę.
4. Dodaj topnik.
5. Ponownie ogrzej tylko tyle, ile potrzeba do korekty.
6. Ustaw element centralnie.

ZAKOŃCZ

- ✓ wyczyść obszar
- ✓ sprawdź oba połączenia (komponent docelowy i sąsiedni)
- ✓ sprawdź sąsiednie elementy
- ✓ skoryguj parametry hot air przed kontynuowaniem pierwotnej naprawy

PUNKTY UWAGI


zbyt wysoki airflow


dysza zbyt blisko


zbyt szeroki obszar grzania


małe, lekkie SMD


brak ekranowania

PORÓWNANIE

✗ BŁĘDNIE: przytrzymywanie wszystkich SMD pęsetą podczas silnego nawiewu


Może spowodować dalsze przesuwanie, utratę elementów lub uszkodzenie padów.

✓ WZORZEC: poprawa airflow + kontrolowany kierunek + zabezpieczenie obszaru


Stabilne otoczenie, bez niekontrolowanych ruchów elementów.

DRZEWO DECYZYJNE

Czy element jest nadal na swoich padach?

- **TAK** → skoryguj pozycję.
- **NIE** → znajdź element i przygotuj pady przed ponownym montażem.

Jeśli otoczenie się porusza, przepływ jest częścią problemu.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

SYTUACJA 06 — TOPNIK SZYBKO CIEMNIEJE LUB SIĘ PRZYPALA

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

To sygnał procesu. Nie ignoruj go i nie kontynuuj automatycznie.

SYTUACJA

Topnik zaczyna szybko ciemnieć, tworzyć twarde osady lub intensywnie dymić zanim lut zostanie prawidłowo rozpłynięty.



NARZĘDZIA


mikroskop


lutownica lub hot air


odpowiedni grot/dysza

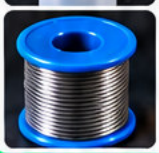

narzędzia do czyszczenia

MATERIAŁY


świeży topnik



środek czyszczący


lut, jeśli potrzebny po ponownym przygotowaniu powierzchni

PRZYGOTUJ

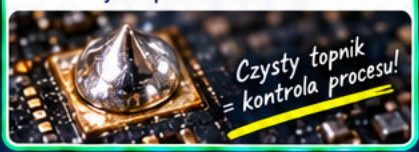
1. Przerwij ogrzewanie.
2. Pozwól obszarowi ostygnąć.
3. Usuń przypalone pozostałości.
4. Obejrzyj soldermask i pady.
5. Sprawdź, czy nie ma oznak przegrzania.

WYKONAJ

1. Oceń odległość źródła ciepła.
2. Sprawdź czas ekspozycji.
3. Sprawdź temperaturę procesu.
4. Oceń masę termiczną.
5. Popraw transfer ciepła zamiast jedynie zwiększać temperaturę.
6. Nałóż świeżą, kontrolowaną ilość topnika.

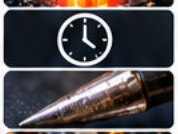
ZAKOŃCZ

- ☑ Kontynuuj dopiero po poprawie procesu.
- ☑ Obserwuj reakcję nowego topnika.
- ☑ Przerwij ponownie, jeśli problem wraca.

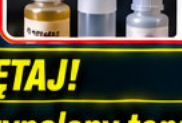


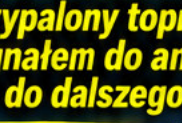
PUNKTY UWAGI

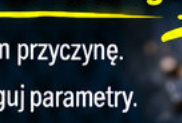

zbyt bliska dysza


bardzo wysoka temperatura


zbyt długi czas


utleniona końcówka


słaby kontakt cieplny


niewłaściwy topnik dla danego procesu

PORÓWNANIE

BŁĘDNIE:


dodawanie kolejnych porcji topnika bez zmiany procesu

WZORZEC:


przerwij → wyczyść → znajdź przyczynę → skoryguj parametry

ZAPAMIĘTAJ!

Przypalony topnik jest sygnałem do analizy, nie do dalszego grzania.

- ☑ Zrozum przyczynę.
- ☑ Skoryguj parametry.
- ☑ Dopiero wtedy kontynuuj.



WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

SYTUACJA 07 – PLECIONKA PRZYKLEIŁA SIĘ DO PADA

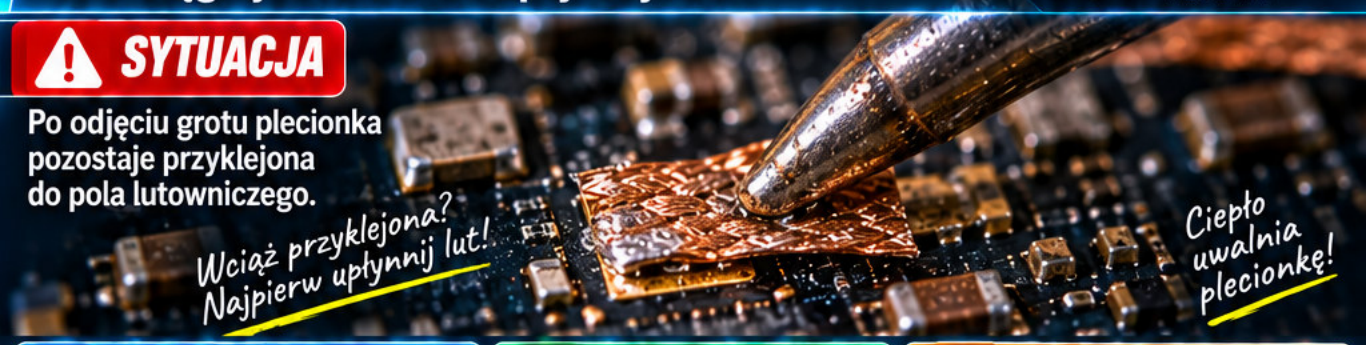
Nie ciągnij. Ponownie upłynnij lut.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

SYTUACJA

Po odjęciu grotu plecionka pozostaje przyklejona do pola lutowniczego.



NARZĘDZIA

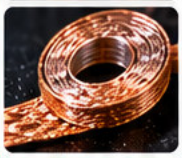

lutownica


grot o odpowiedniej powierzchni kontaktu


mikroskop

MATERIAŁY


topnik


świeży fragment plecionki, jeśli potrzebny

PRZYGOTUJ

1. Nie poruszaj przyklejoną plecionką.
2. Nie próbuj jej odrywać pęsetą.
3. Oceń, czy pad nadal jest płaski.

WYKONAJ

1. Dodaj odrobinę topnika.
2. Ponownie przyłóż grot przez plecionkę.
3. Poczekaj, aż lut pod spodem stanie się płynny.
4. Unieś grot i plecionkę razem.
5. Nie przeciągaj plecionki po powierzchni.

ZAKOŃCZ

1. Obejrzyj pad.
2. Sprawdź, czy nie został uniesiony.
3. Użyj świeżego fragmentu plecionki, jeśli dalze czyszczenie jest konieczne.



PUNKTY UWAGI

- za mały grot
- niewystarczająca ilość topnika
- za krótki czas do rozpływu
- zużyty fragment plecionki
- nadmierny nacisk

PORÓWNANIE

BŁĘDNIE: ciągnięcie plecionki po zastygnięciu lutu


Może zerwać pad i uszkodzić ścieżki!

WZORZEC: ponowne ogrzanie → rozpływ → wspólne uniesienie


Plecionka odchodzi łatwo, bez uszkodzeń.

WAŻNE – PAMIĘTAJ!



Ciągnięcie zimnej plecionki może zerwać pad w ułamku sekundy.

Najpierw ciepło, potem ruch. Cierpliwość chroni pady!

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

SYTUACJA 08 – KOMPONENT STOI KRZYWO PO LUTOWANIU

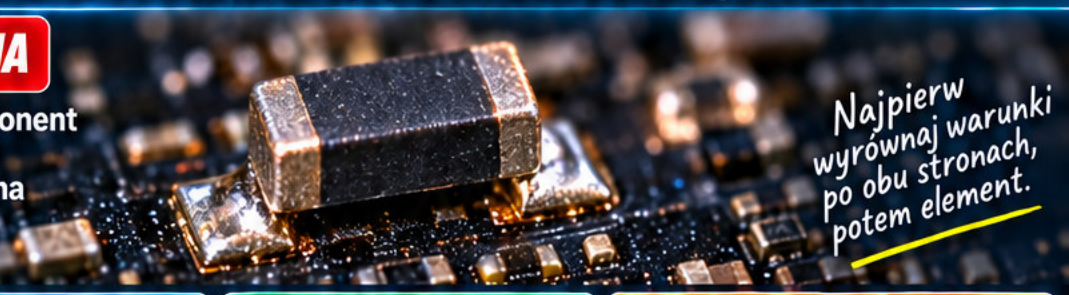
PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Nie dociskaj go na zimno. Ustal, dlaczego jedna strona nie osiadła prawidłowo.

SYTUACJA

Po lutowaniu komponent nie leży plasko, jest przesunięty lub jedna z jego stron jest podniesiona.



Najpierw wyrównaj warunki po obu stronach, potem element.

NARZĘDZIA



mikroskop



pęseta



lutownica lub hot air

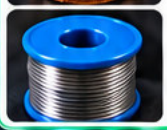
MATERIAŁY



topnik



plecionka



niewielka ilość lutu

PRZYGOTUJ

1. Ustal, która strona jest problematyczna.
2. Sprawdź ilość lutu pod obiema stronami.
3. Sprawdź pozycję padów.
4. Oceń, czy element jest spolaryzowany.

WYKONAJ

Jeśli przyczyną jest nierówna ilość lutu:

1. Usuń nadmiar lutu (np. plecionką).
2. Dodaj topnik.
3. Ponownie wyrównaj element (krótkie podgrzanie).

Jeśli komponent jest przesunięty:

1. Upłynnij odpowiednie połączenia.
2. Ustaw element centralnie.
3. Nie przesuwaj po zimnym lucie.

ZAKOŃCZ

1. Sprawdź wysokość obu stron komponentu.
2. Sprawdź centrowanie względem padów.
3. Sprawdź zwilżenie połączeń.
4. Wyczyść obszar z pozostałości topnika.



PUNKTY UWAGI



nadmiar lutu pod jednym końcem



nierówne pady



tombstoning (stanie elementu)



przesunięcie podczas zastygania



komponent niezgodny wymiarowo

PORÓWNANIE

BŁĘDNIE: dociśnięcie elementu pęsetą aż 'usiądzie"



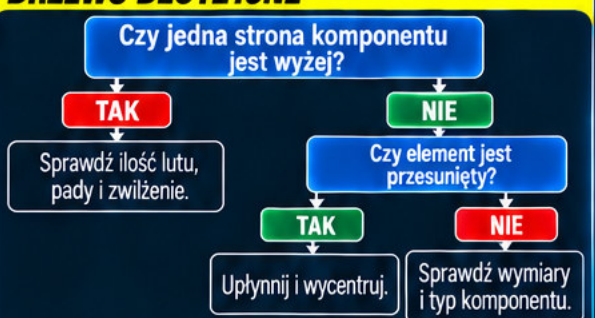
Może spowodować zwarcie, przesunięcie lub zimne luty.

WZORZEC: ponowne upłynnienie → wyrównanie → swobodne zastygnięcie



Element osiada prawidłowo, pewne i trwałe połączenia.

DRZEWO DECYZYJNE



Najpierw wyrównaj warunki po obu stronach, potem element.

ODPOWIEDNIA ILOŚĆ LUTU • SYMETRYCZNE WARUNKI • PRAWIDŁOWE ZWILŻENIE • STABILNE POŁĄCZENIE

SYTUACJA 09 – LUT TOPI SIĘ ZBYT WOLNO

Problemem nie zawsze jest za niska temperatura.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY

SYTUACJA

Lutownica jest rozgrzana, ale pad lub połączenie potrzebuje dużo czasu, aby osiągnąć reflow.



NARZĘDZIA

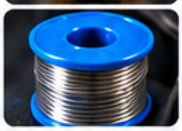

lutownica


zestaw różnych grotów


mikroskop

MATERIAŁY


topnik


świeży lut


materiał do czyszczenia grotu

PRZYGOTUJ

1. Sprawdź stan grotu.
2. Sprawdź jego wielkość.
3. Sprawdź, czy jest prawidłowo pocynowany.
4. Oceń masę termiczną punktu.

WYKONAJ

1. Jeśli grot jest za mały → zastosuj większą powierzchnię kontaktu.
2. Jeśli grot jest utleniony → przygotuj go.
3. Jeśli powierzchnia jest zabrudzona → wyczyść.
4. Jeśli punkt ma dużą masę termiczną → dostosuj strategię grzania.
5. Dopiero potem rozważ korektę temperatury.

ZAKOŃCZ

- ✓ sprawdź, czy czas kontaktu się skrócił
- ✓ obserwuj topnik
- ✓ unikaj nadmiernego przedłużania kontaktu

Cierpliwa diagnoza daje lepszy efekt niż więcej temperatury!

PUNKTY UWAGI


cienki grot na dużym polu


utlenienie grotu


zły kontakt


zimny pad o dużej masie

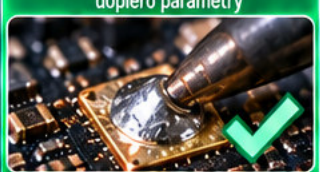

długie grzanie jako kompensacja

PORÓWNANIE

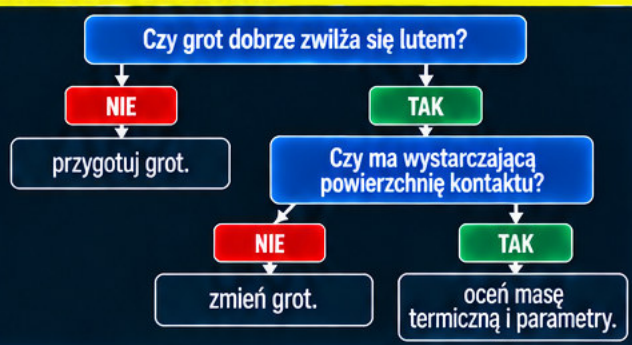
BŁĘDNIE:
+50°C bez sprawdzenia czegokolwiek


Więcej temperatury nie rozwiązuje przyczyny.

WZORZEC:
grot → kontakt → powierzchnia → masa → dopiero parametry


Najpierw usuń przyczyny, potem dopasuj temperaturę.

DRZEWO DECYZYJNE



Szybki transfer ciepła jest często lepszy niż długi kontakt przy małym grocie.

SYTUACJA 10 — BGA NIE CENTRUJE SIĘ PODCZAS REFLOW

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

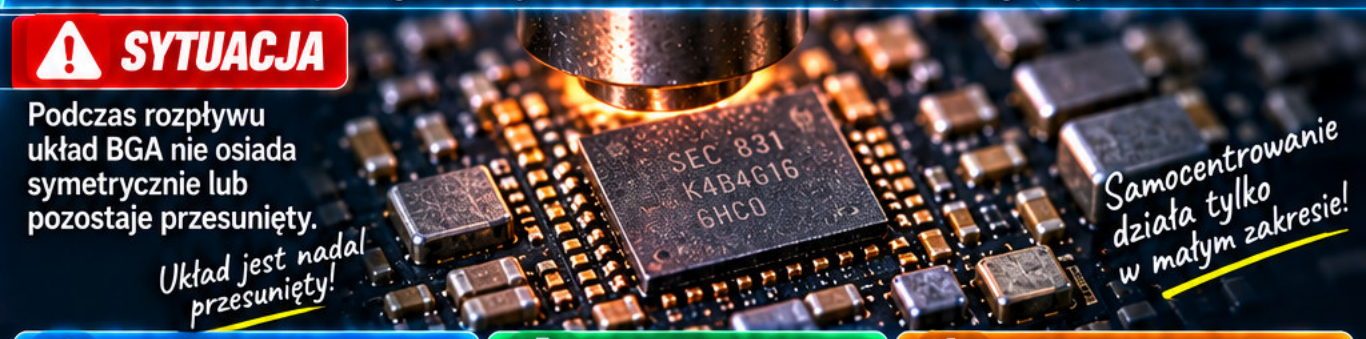
TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Samocentrowanie pomaga w małych korektach — nie naprawia dużego błędu ustawienia.

SYTUACJA

Podczas rozpływu układ BGA nie osiada symetrycznie lub pozostaje przesunięty.

Układ jest nadal przesunięty!



Samocentrowanie działa tylko w małym zakresie!

NARZĘDZIA



mikroskop



lutownica hot air



pęseta

MATERIAŁY



topnik



materiały do ponownego przygotowania, jeśli konieczne

PRZYGOTUJ

1. Sprawdź oznaczenie pinu 1.
2. Sprawdź pozycję początkową układu.
3. Oceń równomierność kulek (jeśli dostępne do weryfikacji).
4. Sprawdź równość padów PCB (wzrokowo lub dokumentacja).
5. Nałóż odpowiednią ilość topnika.

WYKONAJ

Jeśli przesunięcie jest duże:

1. Przerwij próbę automatycznej korekty.
2. Po ostygnięciu oceń konieczność ponownego ustawienia.

Jeśli przesunięcie jest niewielkie:

1. Obserwuj podczas prawidłowego reflow.
2. Nie naciskaj układu.
3. Nie popychaj gwałtownie.

ZAKOŃCZ

- ☑ Sprawdź równomierny margines wokół układu.
- ☑ Sprawdź orientację układu.
- ☑ Sprawdź wysokość układu (czy osiadł).
- ☑ Wykonaj kontrolę otoczenia (czy nie ma zwarć, mostków, przesunięć innych elementów).

PUNKTY UWAGI



źle ustawiony chip przed grzaniem



nierówne kulki



za dużo topnika



niejednorodne nagrzewanie



uszkodzony/ niestandardowy footprint

PORÓWNANIE

✗ BŁĘDNIE: poleganie na samocentrowaniu przy dużym przesunięciu



Układ pozostaje przesunięty nawet po reflow.

✓ WZORZEC: dokładne ustawienie przed reflow + obserwacja drobnej korekty



Po reflow układ centruje się w niewielkim zakresie.

ZAPAMIĘTAJ

"Samocentrowanie jest korektą, nie metodą pozycjonowania."



WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

SYTUACJA 11 — PO REBALLINGU BRAKUJE JEDNEJ KULKI

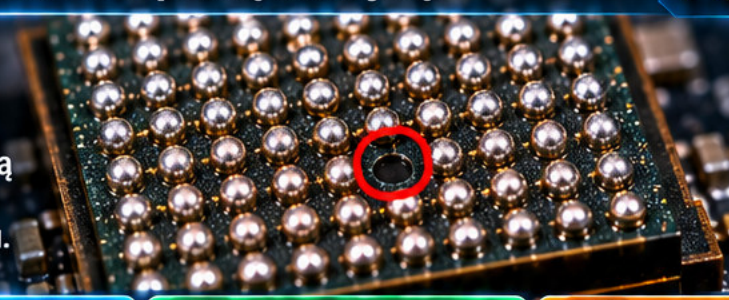
Nie montuj układu z niepełną matrycą.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

SYTUACJA

Po ostygnięciu matrycy wszystkie kulki wyglądają prawidłowo, ale w jednej pozycji brakuje materiału.



Jedna kulka ma znaczenie!

Nie ryzykuj ukrytej usterki!

NARZĘDZIA



mikroskop



narzędzie do aplikacji materiału (np. pęseta, penseta)



hot air (lutownica na gorące powietrze)



stencil, jeśli procedura wymaga ponownego użycia

MATERIAŁY



topnik



odpowiednia kulka/materiał (o właściwej średnicy)



środek czyszczący

PRZYGOTUJ

1. Zidentyfikuj brakującą pozycję.
2. Sprawdź samo pole pod układem.
3. Upewnij się, że nie jest uszkodzone.
4. Sprawdź, czy sąsiednie kulki są prawidłowe.



WYKONAJ

Jeśli pole jest prawidłowe:

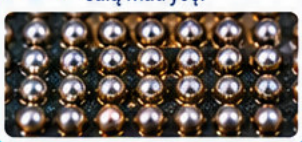
1. Oczyść pole z zanieczyszczeń.
2. Zastosuj kontrolowaną ilość topnika.
3. Uzupełnij kulkę zgodnie z metodą reballingu.
4. Wykonaj ponowny kontrolowany rozpływ.

Jeśli pole jest uszkodzone:

1. Zatrzymaj standardowy reballing.
2. Oceń możliwość dalszej naprawy układu.

ZAKOŃCZ

1. Sprawdź rozmiar nowej kulki.
2. Porównaj wysokość z pozostałymi.
3. Sprawdź separację od sąsiednich kulek.
4. Ponownie przeskanuj całą matrycę.



PUNKTY UWAGI



brak materiału



niedrożny otwór stencil



zły kontakt materiału z polem



uszkodzona powierzchnia pola

PORÓWNANIE

BŁĘDNIE:



montaż BGA mimo brakującej kulki.

WZORZEC:



korekta → ponowna inspekcja → dopiero montaż.

ZAPAMIĘTAJ

Jedna brakująca kulka to jedno potencjalnie brakujące połączenie.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

SYTUACJA 12 –
PO NAPRAWIE POJAWIŁO SIĘ ZWARCIE

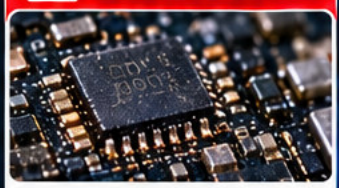
Nie włączaj urządzenia wielokrotnie. Najpierw sprawdź obszar, który był ruszany.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



SYTUACJA



Po lutowaniu, wymianie komponentu, BGA, odbudowie pada lub zworki pojawia się zwarcie, którego wcześniej nie było.

NARZĘDZIA


mikroskop


multimetr


pęseta


lutownica


hot air, jeśli potrzebny do korekty.

MATERIAŁY



topnik


plecionka



środki do czyszczenia

PRZYGOTUJ

1. Odłącz zasilanie.
2. Nie wykonuj kolejnych prób uruchomienia bez diagnozy.
3. Wyczyść obszar naprawy.
4. Przypomnij sobie wszystkie miejsca, które były lutowane.
5. Porównaj z fotografią „przed", jeśli dostępna.

WYKONAJ – SPRAWDŹ NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY

A MOSTKI



1. między pinami
2. pod nadmiarem lutu
3. przy naprawionym padzie

B KULKI LUTU



1. luźne kulki wokół BGA
2. fragmenty lutu przy osłonach
3. materiał pod komponentem

C ZWORKI



1. przypadkowy kontakt z masą
2. przetarta izolacja
3. niewłaściwy punkt końcowy

D PRZESUNIĘTE ELEMENTY



1. SMD obrócony
2. komponent przesunięty między padami

E ORIENTACJA



1. element spolaryzowany zamontowany odwrotnie
2. IC w złym położeniu

ZAKOŃCZ

- [x] usuń znaleziony defekt
- [x] wyczyść
- [x] ponownie wykonaj pomiar
- [x] dopiero po potwierdzeniu braku niepożądanego zwarcia przejdź dalej.

PUNKTY UWAGI

- Naprawa może ujawnić istniejące wcześniej problemy.
- Nie każde niskie wskazanie rezystancji oznacza nieprawidłowe zwarcie.
- Oceniaj konkretny obwód i punkt pomiarowy.

POROWNANIE

✗ BŁĘDNIE:



wielokrotne podłączanie zasilania „żeby sprawdzić jeszcze raz".

✓ WZORZEC:



zasilanie odłączone → inspekcja → pomiar → korekta → ponowny pomiar.

DRZEWO DECYZYJNE

Czy zwarcie pojawiło się dopiero po ingerencji?

- **TAK** → zacznij od obszaru naprawy.
- **NIE / NIEPEWNE** → wróć do pełnej diagnostyki obwodu.

Po naprawie najpierw sprawdzaj to, czego dotykałeś: lut, pozycję, orientację, zworki i sąsiednie elementy.

SYTUACJA 13 –
ELEMENT GRZEJE SIĘ NIERÓWNOMIERNIE

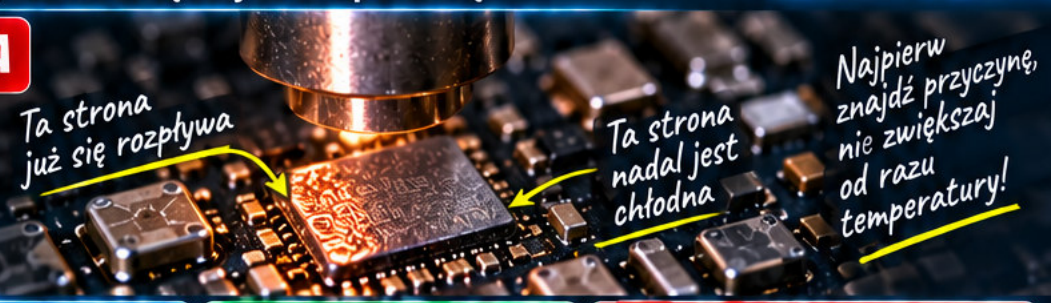
Jedna strona osiąga rozpływ, druga nadal pozostaje chłodna — znajdź przyczynę zanim zwiększysz temperaturę.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

SYTUACJA

Podczas lutowania lub demontażu jedna część komponentu reaguje szybciej na ciepło niż druga.



NARZĘDZIA


mikroskop


hot air


lutownica


odpowiednia dysza


odpowiedni grot

MATERIAŁY


topnik


świeży lut



materiał do czyszczenia

PUNKTY UWAGI


masa termiczna


duże pola masy


nierówny kontakt


niecentralna dysza


osłona termiczna blokująca jedną stronę

PRZYGOTUJ

1. Sprawdź geometrię komponentu.
2. Oceń, czy jedna strona jest połączona z dużym polem masy.
3. Sprawdź kierunek hot air.
4. Sprawdź odległość dyszy.
5. Oceń, czy ogrzewasz obszar symetrycznie.

WYKONAJ

1. Popraw ruch hot air.
2. Dostosuj odległość.
3. Użyj dyszy lepiej dopasowanej do rozmiaru elementu.
4. Przy lutownicy zwiększ efektywną powierzchnię kontaktu grotu, jeśli potrzebne.
5. Nie kompensuj nierównomierności długim grzaniem jednej strony.

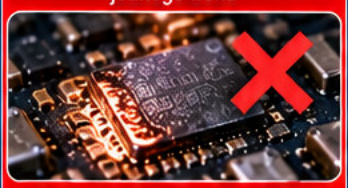
ZAKOŃCZ

- ✓ sprawdź, czy obie strony osiągają rozpływ podobnie
- ✓ kontroluj sąsiednie elementy
- ✓ usuń ciepło po osiągnięciu celu

Stabilny i równomierny rozpływ to bezpieczny demontaż i montaż!

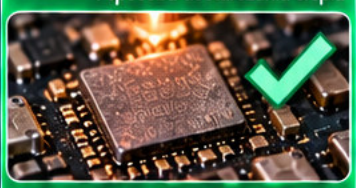
PORÓWNANIE

✗ BŁĘDNIE: długie grzanie jednego boku



Może uszkodzić komponent, spowodować przegrzanie i naprężenia.

✓ WZORZEC: skorygowanie geometrii i sposobu dostarczania ciepła



Równomierne grzanie obu stron ułatwia kontrolowany rozpływ.

DRZEWO DECYZYJNE

Czy jedna strona nagrzewa się znacznie szybciej?

- **TAK** → sprawdź geometrię, masę termiczną i sposób grzania.
- **NIE** → kontynuuj zgodnie z planem, kontroluj rozpływ.

Nierównomierne grzanie często wynika z geometrii i masy termicznej, nie z samej temperatury.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

SYTUACJA 14 — KOMPONENT OBRACA SIĘ PODCZAS LUTOWANIA

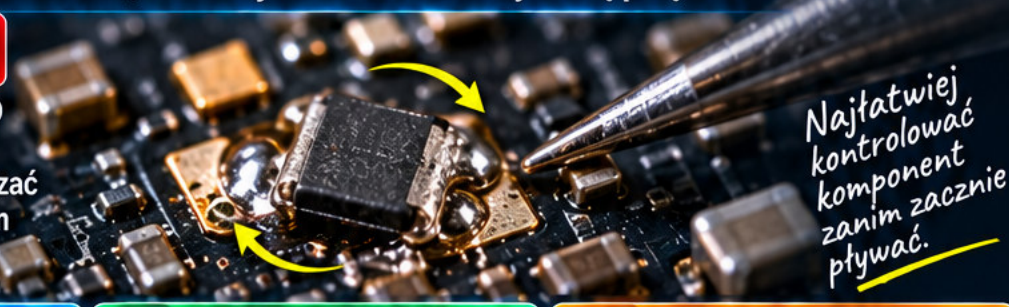
PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Jeżeli element pływa na lucie, kontroluj ilość materiału i symetrię połączeń.

SYTUACJA

Podczas lutowania SMD komponent zaczyna obracać się, przemieszczać lub pływać na stopionym lucie.



Najłatwiej kontrolować komponent zanim zacznie pływać.

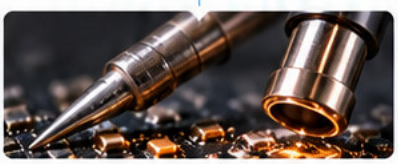
NARZĘDZIA



mikroskop



pęseta

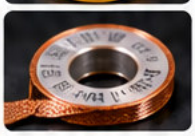


lutownica lub hot air

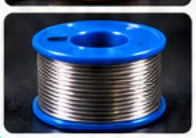
MATERIAŁY



topnik



plecionka



minimalna ilość lutu

PRZYGOTUJ

1. Sprawdź ilość lutu na obu padach.
2. Sprawdź, czy jeden pad nie ma większej objętości.
3. Oceń centrowanie komponentu przed grzaniem.
4. Sprawdź siłę nawiewu.

WYKONAJ

1. Wyrównaj ilość lutu na obu padach.
2. Zmniejsz airflow, jeśli komponent jest lekki.
3. Przyłap jeden punkt przed pełnym lutowaniem.
4. Pozycjonuj komponent przed reflow, nie w jego trakcie.

ZAKOŃCZ

- ✓ pozwól spoinie zastygnąć bez ruchu
- ✓ sprawdź centrowanie komponentu
- ✓ sprawdź oba połączenia

PUNKTY UWAGI



nadmiar lutu



asymetria ilości materiału



silny airflow



niestabilne ułożenie przed grzaniem

PORÓWNANIE

✗ BŁĘDNIE: ciągłe poprawianie pęsetą podczas pełnego rozpływu



Komponent wciąż się obraca i nie stabilizuje.

✓ WZORZEC: wyrównanie lutu + prawidłowe pozycjonowanie przed reflow



Stabilna pozycja, równe spoiny, poprawny montaż.

DRZEWO DECYZYJNE

Czy komponent pływa podczas grzania?

- **TAK** → Zmniejsz ilość lutu, wyrównaj pady, zmniejsz airflow.
- **NIE** → Kontynuuj lutowanie i sprawdź efekt po ostygnięciu.

Najłatwiej kontrolować komponent zanim zacznie pływać.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

SYTUACJA 15 – SPOINA WYGLĄDA MATOWO

Matowa powierzchnia nie zawsze oznacza uszkodzenie — oceniaj zwilżenie, kształt i stabilność.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

SYTUACJA

Po ostygnięciu spoina jest matowa, szara lub mniej błyszcząca niż oczekiwano.



NARZĘDZIA


mikroskop


lutownica


pęseta

MATERIAŁY


topnik


świeży lut, tylko jeśli korekta jest potrzebna



środek czyszczący

PRZYGOTUJ

1. Rodzaj użytego stopu (czy jest bezołowiowy).
2. Geometrię spoiny (kształt, wielkość).
3. Zwilżenie powierzchni (pad i wyprowadzenie).
4. Kontakt z padem i terminalem.
5. Czy komponent porusza się.

WYKONAJ

1. Jeśli spoina jest ciągła, prawidłowo zwilża powierzchnie, nie ma pęknięć, a komponent jest stabilny — nie wykonuj ponownego lutowania tylko dlatego, że jest matowa.
2. Jeśli są rzeczywiste oznaki wady — wyczyść miejsce lutowania.
3. Dodaj topnik.
4. Wykonaj kontrolowane ponowne lutowanie.

ZAKOŃCZ

- ✓ Oceniaj spoinę po czyszczeniu (usuń resztki topnika).
- ✓ Sprawdź funkcję komponentu i geometrię spoiny.
- ✓ Upewnij się, że komponent jest stabilny.
- ✓ Unikaj niepotrzebnych cykli cieplnych.

Połysk nie jest jedynym kryterium jakości spoiny.

PUNKTY UWAGI


rodzaj stopu (bezołowiowy ma naturalnie matowy wygląd)


utlenienie


słaba zwilżalność


poruszenie podczas stygnięcia


zbyt mało topnika

PORÓWNANIE

BŁĘDNIE: poprawianie każdej matowej spoiny dla połysku


Niepotrzebne cykle cieplne mogą zaszkodzić komponentowi.

WZORZEC: ocena kontaktu, stabilności i zwilżenia


Matowa spoina może być poprawna i niezawodna.

DRZEWO DECYZYJNE

Czy spoina jest ciągła, prawidłowo zwilża i komponent jest stabilny?

- **TAK** → Nie wykonuj ponownego lutowania.
- **NIE** → Wyczyść, dodaj topnik i wykonaj kontrolowane ponowne lutowanie.

Oceń funkcję i niezawodność, nie tylko wygląd.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

NARZĘDZIE 01 – LUTOWNICA

Precyzyjne źródło ciepła do pracy kontaktowej.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



DO CZEGO SŁUŻY

1.  lutowanie punktowe
2.  poprawki pinów
3.  usuwanie nadmiaru lutu
4.  praca z plecionką
5.  małe komponenty SMD

NAJWAŻNIEJSZE PARAMETRY

Stabilność temperatury
Utrzymuje stałą temperaturę pod obciążeniem.



Dostępność grotów
Szeroki wybór kształtów i rozmiarów.

Moc
Zwykle 30–80 W (wystarczająco do elektroniki).

Szybkość odzyskiwania temperatury
Szybki powrót do zadanej temperatury po kontakcie z polem.

ZADANIE → GROT

Zadanie / zastosowanie	Zalecany grot
Mały punkt, drobne pola, małe SMD	 Stożkowy
Większy pad, większa powierzchnia	 Dłuto
Drag soldering, linie pinów	 Ścięta
Trudno dostępne miejsce, przeszkody	 Zagięta

DOBIERZ DO ZADANIA

1. Mały punkt → mniejszy grot. 
2. Większy pad → większa powierzchnia kontaktu. 
3. Drag soldering → grot ścięty / dłuto. 
4. Trudno dostępne miejsce → grot stożkowy / zagięty. 

KONTROLA PRZED PRACĄ

- ☑ **Grot czysty** (brak tlenków i zanieczyszczeń).
- ☑ **Grot zwilżony** (cienka warstwa świeżego lutu).
- ☑ **Odpowiedni kształt grotu** do planowanego zadania.
- ☑ **Stabilna temperatura** (lutownica gotowa do pracy).
- ☑ **Przewód nie ogranicza ruchu** (swoboda manewrowania).

TYPOWE BŁĘDY

- ⚠ Za mały grot do dużego pola. 
- ⚠ Utleniona końcówka. 
- ⚠ Długie grzanie zamiast lepszego kontaktu. 
- ⚠ Mocny nacisk (uszkodzenia padów i ścieżek). 

WZORZEC



Dobierz grot tak, aby szybko przekazać ciepło bez długiego kontaktu.

DOBRA PRAKTYKA

- ☑ Czysty grot + Właściwy kształt
- ☑ Stabilna temperatura = Szybki i pewny lut
- ☑ Mniejszy czas kontaktu = Mniejsze ryzyko uszkodzeń

Narzędzie to tylko połowa sukcesu. Druga połowa to Twoja technika!

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

NARZĘDZIE 02 — STACJA HOT AIR

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

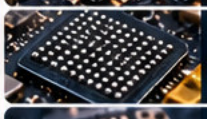
Źródło ciepła bez kontaktu mechanicznego — kontroluj temperaturę, przepływ, odległość i ruch.



DO CZEGO SŁUŻY


demontaż SMD


układy scalone

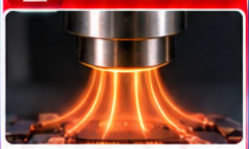

BGA


złącza


równomierne nagrzewanie większej strefy

CZTERY PARAMETRY

1 TEMPERATURA



Wpływa na energię procesu.

2 PRZEPŁYW



Wpływa na ruch powietrza i ryzyko przesuwania elementów.

3 ODLEGŁOŚĆ



Wpływa na koncentrację ciepła.

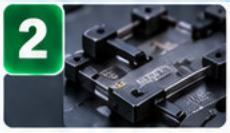
4 RUCH



Wpływa na równomierność nagrzewania.

PRZED PRACĄ

1 
Wybierz właściwą dyszę.

2 
Zapewnij stabilną płytę.

3 
Zabezpiecz sąsiednie elementy.

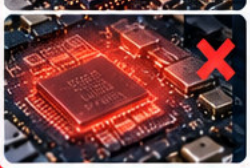
4 
Zaplanuj drogę wyjęcia komponentu.

TYPOWE BŁĘDY


Dysza zbyt blisko.


Airflow zbyt silny — przesuwa elementy.


Nieruchomy strumień — przegrzewanie w jednym miejscu.


Grzanie dużej strefy bez potrzeby — ryzyko uszkodzeń sąsiednich elementów.

WZORZEC



Hot air to układ parametrów, nie tylko temperatura.

PRAKTYCZNE WSKAZÓWKI

- Dostosuj temperaturę do rodzaju komponentu.
- Używaj odpowiedniego przepływu powietrza.
- Utrzymuj właściwą odległość.
- Stosuj płynny, równomierny ruch (okrężny).
- Chroń elementy wrażliwe taśmą kapton.
- Kontroluj efekt i nie przegrzewaj laminatu.
- Ćwicz na uszkodzonych płytach.
- Dobierz dyszę do rozmiaru elementu.

PAMIĘTAJ

Większa temperatura nie zawsze przyspiesza pracę — często tylko zwiększa ryzyko uszkodzeń.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

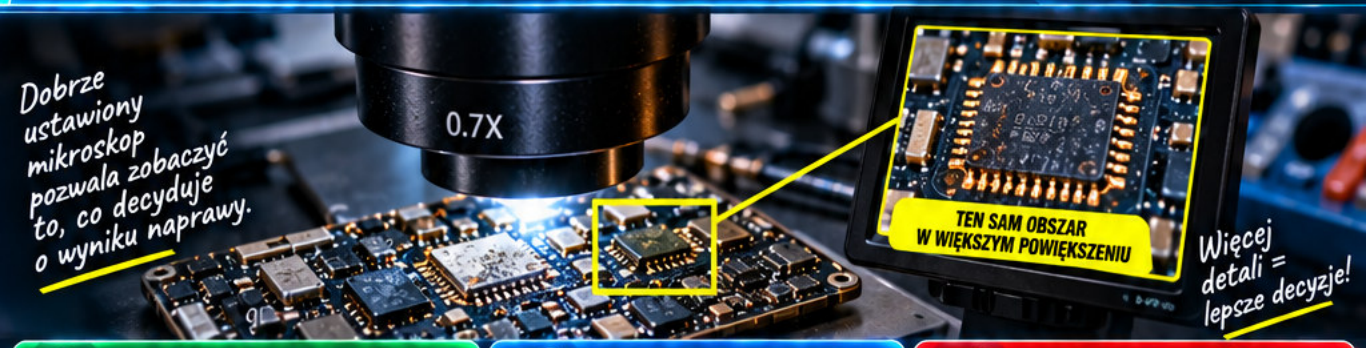
UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

NARZĘDZIE 03 — MIKROSKOP

Powiększenie służy do podejmowania decyzji, nie tylko do oglądania.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

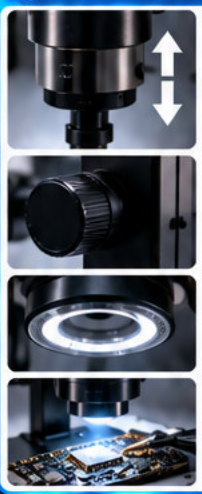


DO CZEGO SŁUŻY



- pozycjonowanie
- ocena zwilżenia
- wykrywanie mostków
- inspekcja padów
- naprawa ścieżek
- reballing

USTAWIENIE



- komfortowa wysokość
- stabilny obraz
- odpowiednie oświetlenie
- wystarczająca przestrzeń robocza pod obiektywem

POWIĘKSZENIE

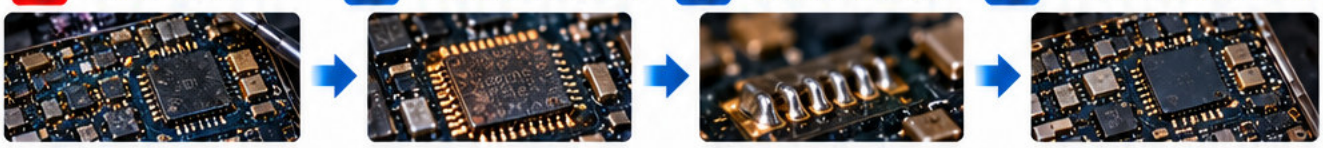


mniejsze powiększenie
→ orientacja w obszarze

większe powiększenie
→ szczegóły spoiny

nie używaj maksymalnego powiększenia do wszystkiego

METODA INSPEKCJI



1. Zobacz cały obszar. — Zlokalizuj komponent i jego otoczenie.
2. Przejdź do szczegółów. — Przyjrzyj się padom/spoinom.
3. Sprawdź różne kąty. — Obserwuj z różnych stron, np. lekko z boku.
4. Wróć do szerszego widoku. — Oceń efekt w kontekście całego obszaru.

TYPOWE BŁĘDY



- zbyt duże powiększenie i utrata orientacji
- słabe oświetlenie
- brak kontroli boków komponentu

WZORZEC



WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

NARZĘDZIE 04 — PĘSETY

Chwyt ma być pewny, ale nie agresywny.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



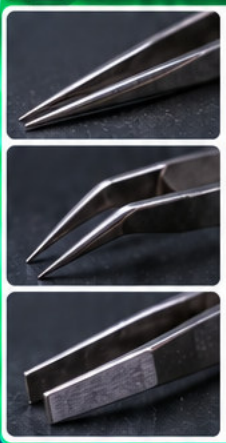
Małe elementy wielkie możliwości!

Precyzja daje kontrolę, a kontrola daje lepsze rezultaty!

DO CZEGO SŁUŻĄ

1. Pozycjonowanie SMD na płytce.
2. Podnoszenie układów i komponentów.
3. Test minimalnego ruchu (przed lutowaniem).
4. Prowadzenie przewodów i taśm.
5. Korekta ustawienia komponentu.

TYPY



Prosta cienka
- małe SMD
- dobre dojście z góry

Zagięta
- praca pod kątem
- omijanie przeszkód

Szersza
- większe komponenty
- stabilniejszy chwyt

DOBRY CHWYT



- ✓ komponent nie wyślizguje się
- ✓ końcówki nie naciskają na sąsiednie elementy
- ✓ operator nie musi używać dużej siły

Delikatny, stabilny chwyt to kontrola, a nie siła!

TYPOWE BŁĘDY



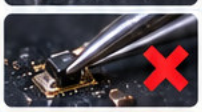
ściskanie kruchego komponentu



chwytanie za delikatne wyprowadzenia

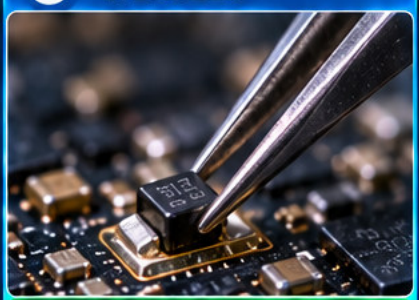


używanie pęsety jako dźwigni



przesuwanie po zimnym lucie

WZORZEC



Pęseta prowadzi komponent — nie wymusza jego ruchu.

PORÓWNANIE

ŹLE



- zbyt mocny chwyt
- nacisk na sąsiednie elementy
- ryzyko uszkodzenia

DOBRZE



- stabilny, pewny chwyt
- brak nacisku na sąsiednie elementy
- bezpieczna manipulacja

DRZEWO DECYZYJNE — JAKĄ PĘSETĘ WYBRAĆ?

Jaki komponent chcesz chwycić?

- **Małe SMD** (np. rezystory, kondensatory) → **Prosta cienka**



- **Trudny dostęp** (lub przeszkody wokół) → **Zagięta**



- **Większe komponenty** (np. złącza, cewki) → **Szersza**



DODATKOWE WSKAZÓWKI

- ✓ Utrzymuj końcówki pęsety w czystości.
- ✓ Dobierz kształt do zadania.
- ✓ Pracuj w dobrym oświetleniu.
- ✓ Unikaj magnetycznych pęset przy wrażliwych komponentach.
- ✓ Sprawdzaj stan końcówek (czy nie są wygięte lub stępione).

Dobra pęseta w dobrych rękach przyspiesza pracę i zmniejsza ryzyko błędów.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

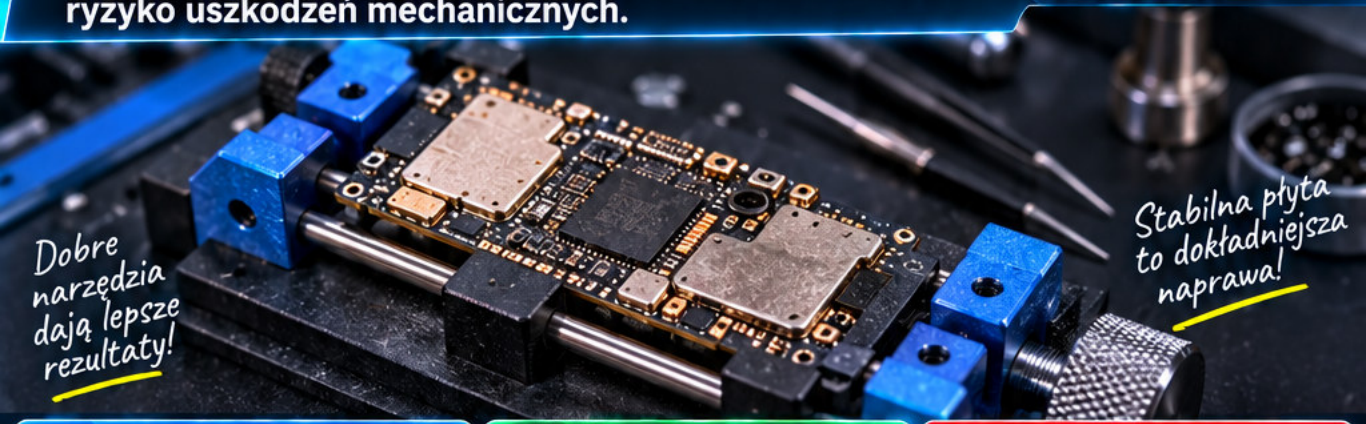
UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

NARZĘDZIE 05 — UCHWYT DO PŁYTY

Stabilna płyta pozwala pracować precyzyjnie i zmniejsza ryzyko uszkodzeń mechanicznych.

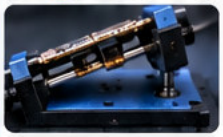
PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



DO CZEGO SŁUŻY


Stabilizacja PCB podczas naprawy.


Kontrola kąta ustawienia płyty.


Uwolnienie obu rąk do precyzyjnej pracy.


Zmniejszenie ruchu płyty podczas lutowania.

DOBRE USTAWIENIE


Płyta leży stabilnie.


Obszar roboczy jest dostępny.


Uchwyt nie dotyka komponentów.


Płyta nie jest wyginana.

ZŁE USTAWIENIE


Zacisk na cewce lub złączu.


Płyta wygięta.


Obszar naprawy zbyt blisko zacisku.


Niestabilna pozycja.

PRZED GRZANIEM

1. Sprawdź stabilność uchwytu.
2. Sprawdź nacisk na płytę.
3. Sprawdź dostęp dla hot air.
4. Sprawdź drogę ruchu pęsety.

WZORZEC



Uchwyt ma stabilizować płytę, a nie ją naprężać.'

WARTO PAMIĘTAĆ

- Używaj uchwytów z regulacją.
- Dobierz uchwyt do rozmiaru płyty.
- Nie ściskaj płyty zbyt mocno.
- Regularnie czyść uchwyt.
- Sprawdź stan gumowych lub metalowych szczęk.

Stabilna płyta to podstawa precyzyjnej, bezpiecznej i skutecznej naprawy.

PEWNE MOCOWANIE • WIĘKSZA DOKŁADNOŚĆ • MNIEJSZE RYZYKO USZKODZEŃ • LEPSZE REZULTATY

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

NARZĘDZIE 06 — PLECIONKA DO ROZLUTOWYWANIA

Usuwa płynny lut przez kapilarne wchłanianie — bez szorowania i bez siły.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

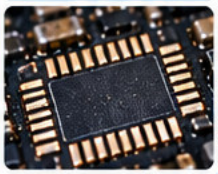
TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



DO CZEGO SŁUŻY


wyrównanie padów


usuwanie nadmiaru lutu


czyszczenie footprintu


korekta mostków

JAK UŻYWAĆ


1. **Topnik.** Nałóż niewielką ilość topnika.

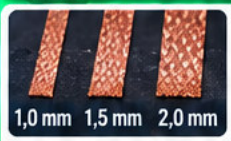

2. **Plecionka na lut.** Połóż plecionkę na rozgrzanym obszarze.


3. **Grot na plecionkę.** Przyłóż rozgrzany grot do plecionki od góry.

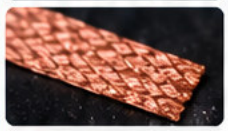

4. **Poczekaj na rozpływ.** Lut zostanie wchłonięty w plecionkę.

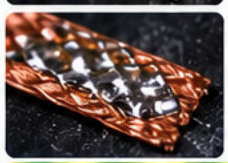

5. **Unieś razem.** Po wchłonięciu lutu unieś grot i plecionkę jednocześnie.

DOBÓR



- szerokość dopasowana do pola


- świeży fragment

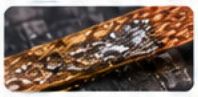

- dobra chłonność

Używaj tylko czystej, nieutlenionej plecionki. Zużyty odcinek nie wchłania lutu prawidłowo.

TYPOWE BŁĘDY

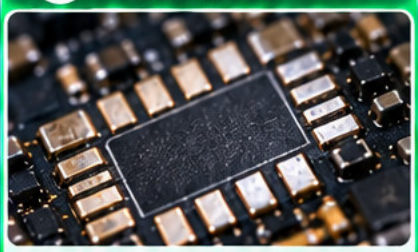

- mocny nacisk (ścieranie pada)


- ciągnięcie zimnej plecionki


- praca zużytym fragmentem

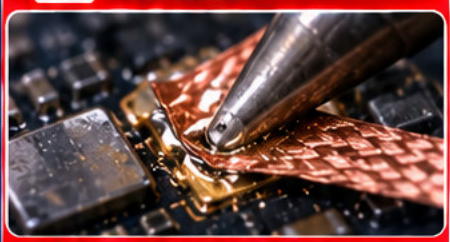

- zbyt mały grot (niewystarczające nagrzanie)

WZORZEC



WZORZEC:
„Plecionka ma wchłaniać lut — nie ścierać go z pada."

WAŻNE!



Jeżeli plecionka się przykleiła, ponownie ogrzej. Nie ciągnij.

DODATKOWE WSKAZÓWKI

- Pracuj z topnikiem.
- Utrzymuj czysty grot.
- Używaj odpowiedniej szerokości plecionki.
- Odetnij zużyty fragment.
- Nie trzymaj zbyt długo w jednym miejscu.
- Po zakończeniu sprawdź, czy pad jest czysty i płaski.

WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

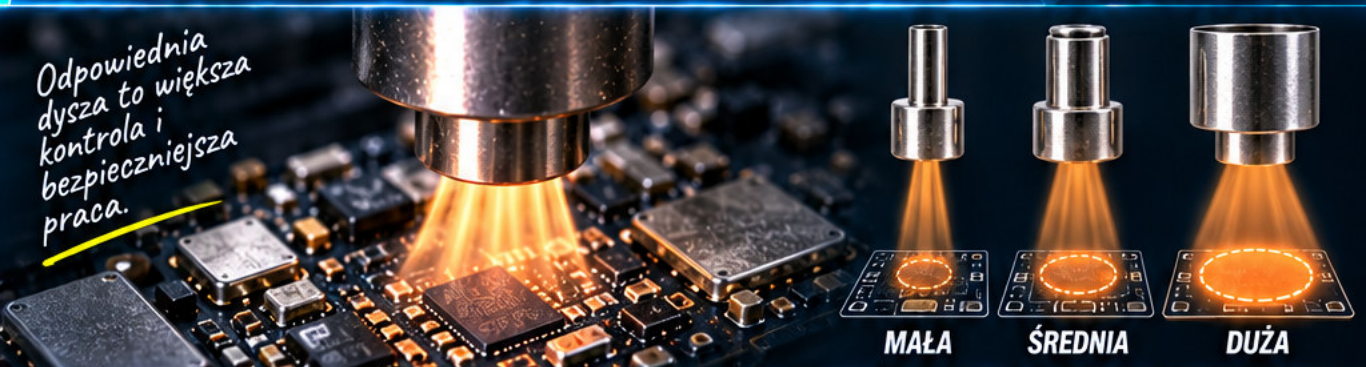
UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

NARZĘDZIE 07 – DYSZE HOT AIR

Średnica dyszy wpływa na obszar działania i koncentrację strumienia.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

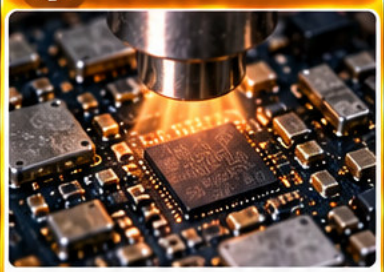
TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



DO CZEGO SŁUŻĄ

- kontrola szerokości strumienia
- koncentracja ciepła
- ograniczenie ekspozycji sąsiednich komponentów

DOBÓR



Dysza powinna obejmować obszar potrzebny do pracy bez niepotrzebnego nagrzewania całej okolicy.

MAŁA DYSZA



ZALETY

- większa precyzja
- mniejszy obszar

RYZYKA

- silniejsze skupienie ciepła
- łatwiejsze przegrzanie małego punktu

ŚREDNIA DYSZA



ZASTOSOWANIE

- wiele standardowych komponentów SMD
- dobra równowaga między obszarem a kontrolą

DUŻA DYSZA



ZASTOSOWANIE

- większe układy
- szersze nagrzewanie

RYZYKA

- ogrzewanie większej liczby sąsiednich elementów

TYPOWE BŁĘDY



Bardzo mała dysza trzymana blisko dużego IC.

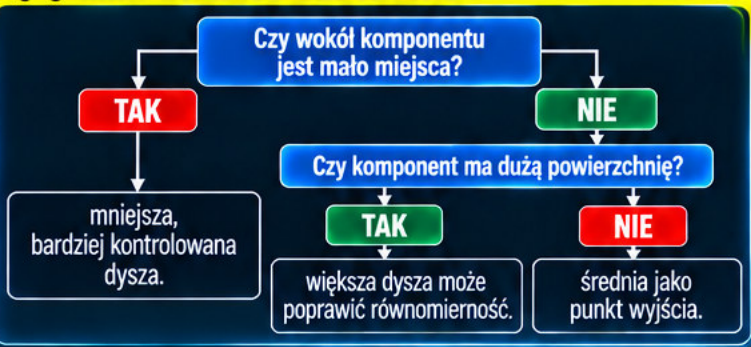


Bardzo duża dysza nad gęstym obszarem.



Dobór wyłącznie według rozmiaru komponentu bez oceny otoczenia.

MINI-DRZEWO DECYZYJNE



Dysza dobiera obszar. Przepływ dobiera siłę. Odległość dobiera koncentrację.



WIEDZA TECHNICZNA ZAMIENIA NAPRAWY W REZULTATY

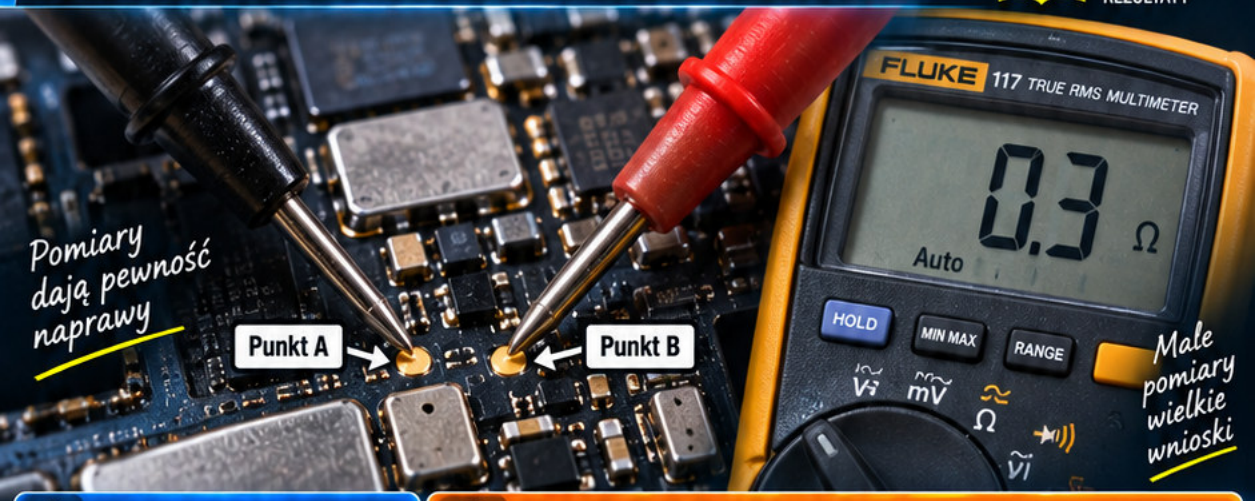
UCZ SIĘ • ĆWICZ • ROZWIJAJ SIĘ

NARZĘDZIE 08 – Multimetr

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Mikroskop pokazuje, jak wygląda połączenie. Multimetr pomaga sprawdzić, czy elektrycznie zachowuje się zgodnie z oczekiwaniem.



1 DO CZEGO SŁUŻY

- ✓ sprawdzanie ciągłości
- ✓ wykrywanie oczywistych zwarć
- ✓ porównywanie punktów przed i po naprawie
- ✓ weryfikacja zworki
- ✓ kontrola odbudowanej ścieżki
- ✓ pomoc w lokalizacji uszkodzonego połączenia

2 PODSTAWOWE TRYBY

1. CIĄGŁOŚĆ



- szybka kontrola połączenia punkt–punkt
- przydatna przy ścieżkach i zworkach

2. REZYSTANCJA



- pomocna przy porównywaniu linii
- wynik należy interpretować w kontekście obwodu

3. TRYB DIODY



- często używany podczas porównawczych pomiarów na liniach sygnałowych
- nie traktować jednej wartości jako uniwersalnej dla wszystkich płyt

3 PRZED POMIAREM

- ✓ urządzenie odłączone od zasilania, gdy pomiar tego wymaga
- ✓ punkt pomiarowy zidentyfikowany
- ✓ sondy czyste
- ✓ właściwy tryb wybrany
- ✓ wynik interpretowany względem schematu lub punktu referencyjnego

4 TYPOWE BŁĘDY

- ✗ uznawanie każdego sygnału dźwiękowego za zwarcie
- ✗ pomiar przypadkowego punktu bez wiedzy, do czego należy
- ✗ porównywanie dwóch różnych netów
- ✗ dotykanie sondą kilku punktów jednocześnie
- ✗ wyciąganie wniosków na podstawie jednego odczytu bez kontekstu

5 SZYBKA PROCEDURA: ZWORKA

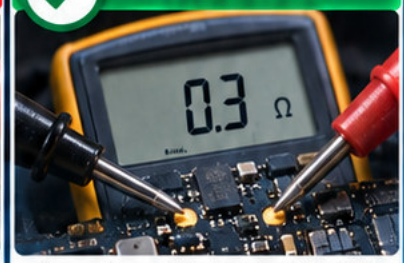
1. Punkt A → sonda 1
2. Punkt B → sonda 2
3. Potwierdź oczekiwaną ciągłość
4. Sprawdź brak przypadkowego kontaktu z sąsiednim netem
5. Dopiero potem zabezpiecz przewód

✗ BŁĘDNIE



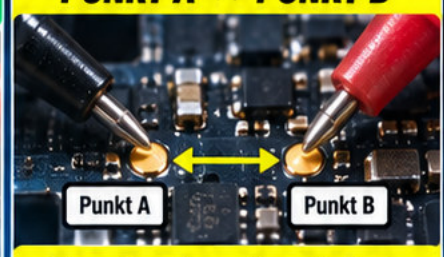
Piszczy, więc na pewno jest zwarcie.

✓ WZORZEC



Sprawdzam, jaka jest funkcja linii i jaki wynik jest oczekiwany.

PUNKT A ↔ PUNKT B



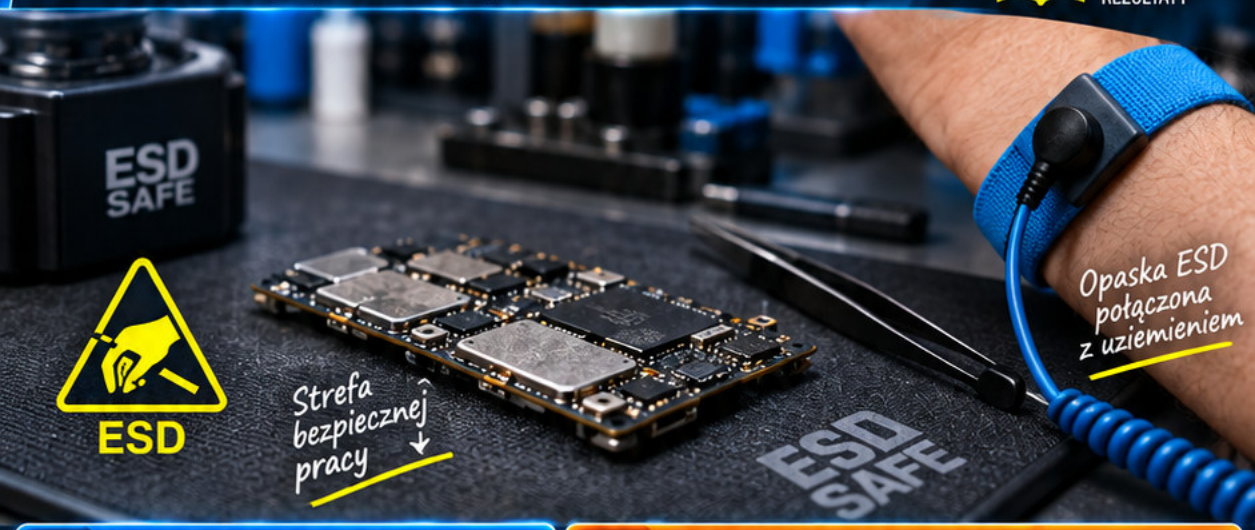
Pomiar bez kontekstu to tylko liczba.

NARZĘDZIE 09 – Ochrona ESD

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Chroni komponenty przed uszkodzeniami, których często nie da się zobaczyć pod mikroskopem.



1 DO CZEGO SŁUŻY

- wyrównanie potencjału na stanowisku
- ograniczenie ryzyka wyładowania elektrostatycznego
- bezpieczniejsze obchodzenie się z płytami i układami

2 ELEMENTY SYSTEMU

- mata ESD
- właściwe uziemienie stanowiska
- opaska ESD, gdy używana zgodnie z procedurą
- narzędzia odpowiednie do środowiska ESD
- ograniczenie materiałów łatwo gromadzących ładunek

3 PRZED PRACĄ

- mata na miejscu
- stanowisko uporządkowane
- płyta leży w bezpiecznej strefie
- niepotrzebne tworzywa sztuczne odsunięte
- komponenty przechowywane odpowiednio

4 PODCZAS PRACY

- nie przesuwaj płyty po przypadkowej powierzchni
- nie odkładaj układów na zwykłą folię
- nie dotykaj kontaktów bez potrzeby
- obchodź się z płytą za stabilne obszary lub krawędzie, gdy możliwe

5 TYPOWE BŁĘDY

- opaska bez prawidłowego połączenia z systemem ESD
- płyta na zwykłym stole obok materiałów syntetycznych
- odkładanie BGA bezpośrednio na losową powierzchnię
- ignorowanie ESD, ponieważ „nic nie iskrzy”

WZORZEC



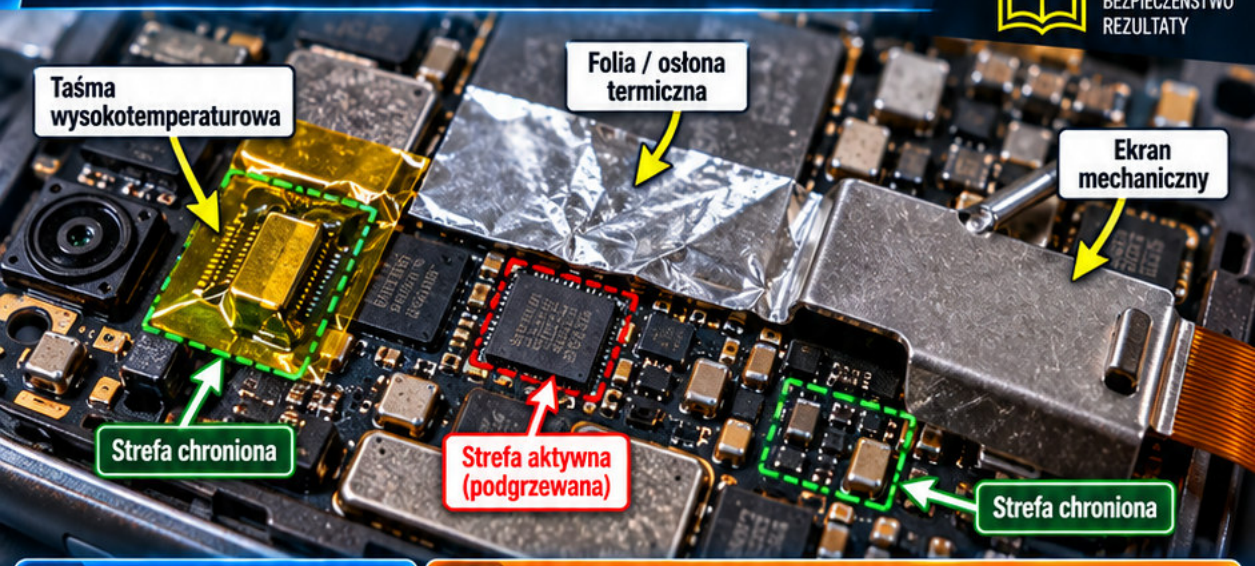
Ochrona ESD jest częścią procesu, nie dodatkiem do stanowiska.

NARZĘDZIE 10 – Ochrona termiczna obszaru

Zabezpiecz elementy wrażliwe, ale nie blokuj prawidłowego procesu cieplnego.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 DO CZEGO SŁUŻY

- ochrona plastikowych złączy
- ograniczenie ekspozycji flexów
- osłona sąsiednich układów
- zmniejszenie bezpośredniego nawiewu na małe SMD

2 MOŻLIWE ROZWIĄZANIA

1. TAŚMA WYSOKOTEMPERATUROWA



- lokalna ochrona
- przydatna przy małych obszarach

2. FOLIA / OSŁONA TERMICZNA



- ekranowanie większej powierzchni
- możliwość formowania wokół obszaru

3. EKRAN MECHANICZNY



- fizyczne ograniczenie strumienia
- musi pozostawać stabilny podczas pracy

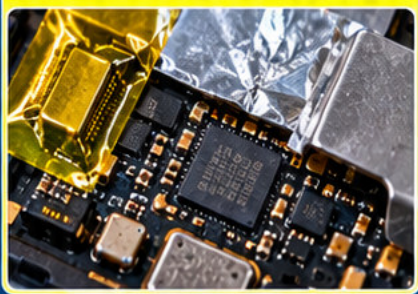
3 DOBÓR

- odległość od źródła ciepła
- materiał chronionego elementu
- przewidywany czas procesu
- kierunek strumienia hot air

4 TYPOWE BŁĘDY

- zasłonięcie także komponentu docelowego
- ekran tak duży, że wymusza znacznie dłuższe grzanie
- osłona przesuwa się pod wpływem airflow
- brak kontroli temperatury tylko dlatego, że zastosowano zabezpieczenie

Najpierw dobry proces.
Ochrona termiczna jest jego wsparciem.



5 MINI-DRZEWO DECYYJNE

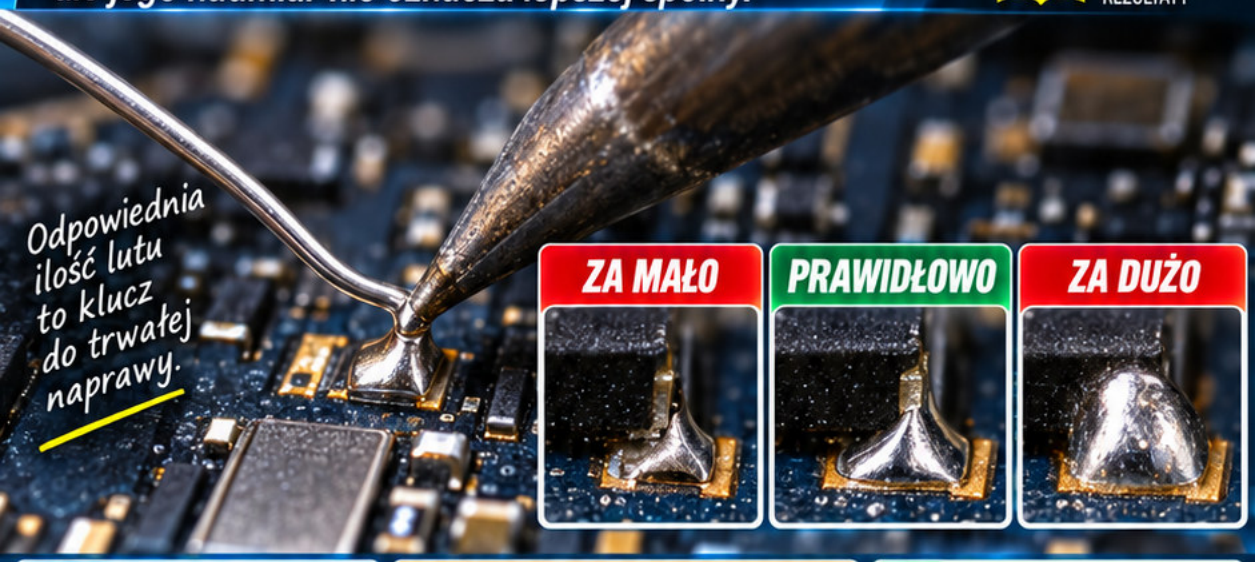


MATERIAŁ 01 – Lut

Tworzy połączenie elektryczne i mechaniczne — ale jego nadmiar nie oznacza lepszej spoiny.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 FUNKCJA

- połączenie elektryczne
- połączenie mechaniczne
- przenoszenie ciepła podczas pracy
- tworzenie spoiny między metalizowanymi powierzchniami

2 CO WPŁYWA NA ZACHOWANIE LUTU

- skład stopu
- temperatura
- stan powierzchni
- topnik
- geometria grotu
- masa termiczna

3 PRAWIDŁOWE UŻYCIE

- dodawaj stopniowo
- ogrzewaj pad i terminal
- obserwuj zwilżenie
- zatrzymaj dodawanie, gdy połączenie jest kompletne

4 ZA MAŁO



- niepełne połączenie
- mała powierzchnia kontaktu
- możliwa szczelina

WZORZEC



Tyle lutu, ile potrzeba do pełnego połączenia — ani mniej, ani więcej.

5 ZA DUŻO



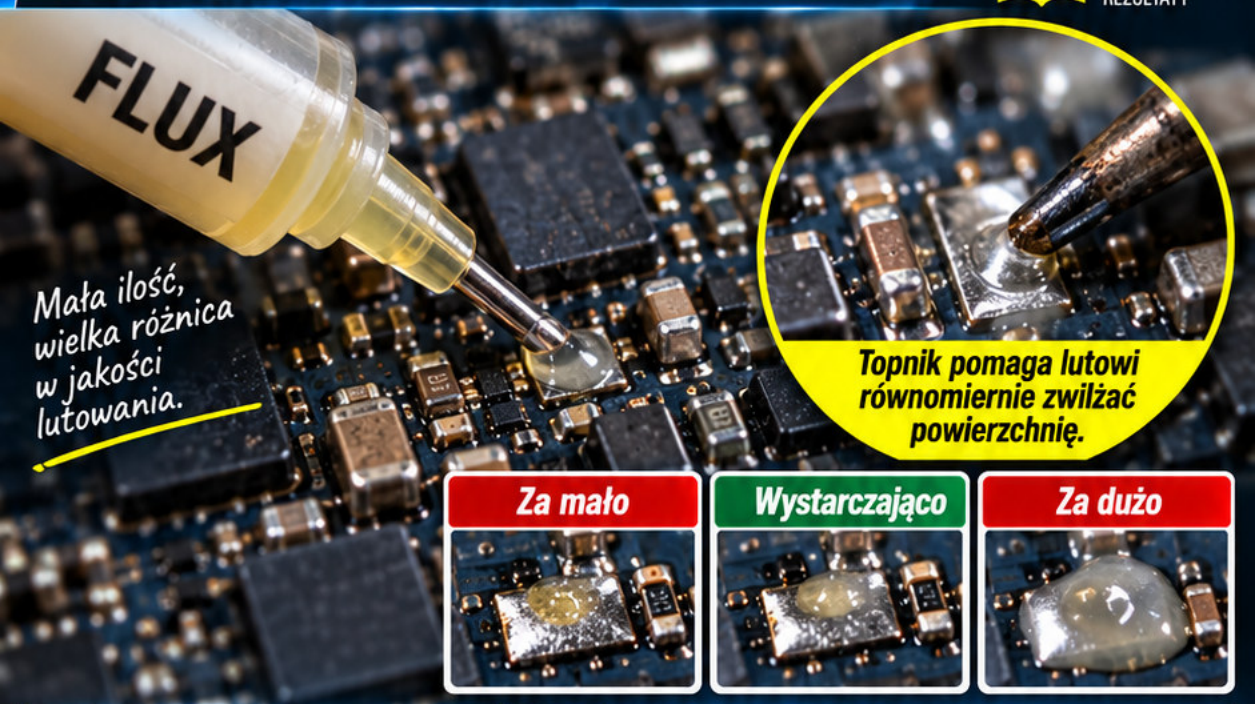
- trudna inspekcja
- ryzyko mostka
- duża wypukła masa
- ukrycie geometrii terminalu

MATERIAŁ 02 – Topnik

Pomaga lutowi zwilżać powierzchnię i ogranicza utlenianie podczas nagrzewania.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 FUNKCJA

- wspiera zwilżalność
- pomaga usuwać cienką warstwę tlenków podczas procesu
- ułatwia przepływ lutu
- stabilizuje proces lutowania

2 ILE UŻYWAĆ



Za mało	Wystarczająco	Za dużo
słabe wsparcie procesu	cienka warstwa w strefie roboczej	zalany obszar
powierzchnia szybciej się utlenia	powierzchnia nadal widoczna	trudniejsza inspekcja
		więcej zabrudzeń po pracy

3 OBSERWUJ

- czy topnik równomiernie rozpływa się
- czy nie ciemnieje zbyt szybko
- czy lut zaczyna prawidłowo zwilżać

4 TYPOWE BŁĘDY

- traktowanie topnika jako rozwiązania każdego problemu
- zalewanie całej sekcji płyty
- dodawanie kolejnych porcji bez czyszczenia przypalonego materiału

WZORZEC

Topnik wspiera dobrą technikę.
Nie zastępuje czystej powierzchni ani prawidłowego ciepła.

MATERIAŁ 03 – Pasta lutownicza

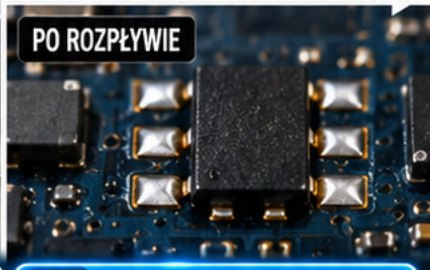
PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

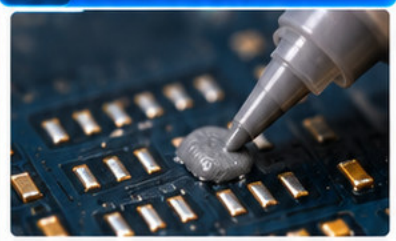
Łączy drobne cząstki stopu i topnik w materiał, który można precyzyjnie nałożyć przed rozpływem.





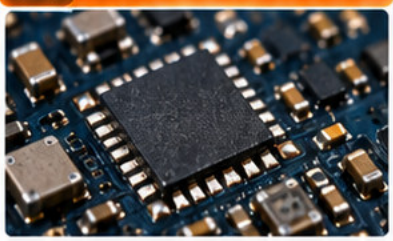


1 FUNKCJA



- aplikacja materiału przed reflow
- lutowanie wielu małych pól
- praca ze stencilami
- wybrane naprawy drobnych komponentów

2 GDZIE JEST PRZYDATNA



- małe pady
- QFN
- niektóre złącza
- praca ze stencil
- wybrane procesy reballingu zależnie od metody

3 NAJWAŻNIEJSZE



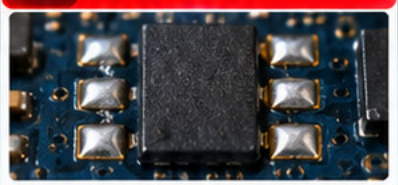
- cienka, równomierna warstwa
- brak nadmiaru między padami
- właściwy stencil/otwór
- czysta powierzchnia

4 ZA DUŻO



- ✗ mostki
- ✗ wypływanie materiału
- ✗ nierówne osadzanie komponentu

4 ZA MAŁO



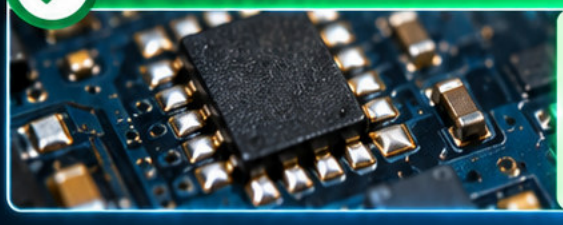
- ✗ niepełna spoina
- ✗ brak połączenia na części padów

5 PO ROZPŁYWIE



- czy material rozdzielił się na właściwe pola
- czy nie ma połączeń między sąsiednimi padami
- czy komponent osiadł równo

WZORZEC



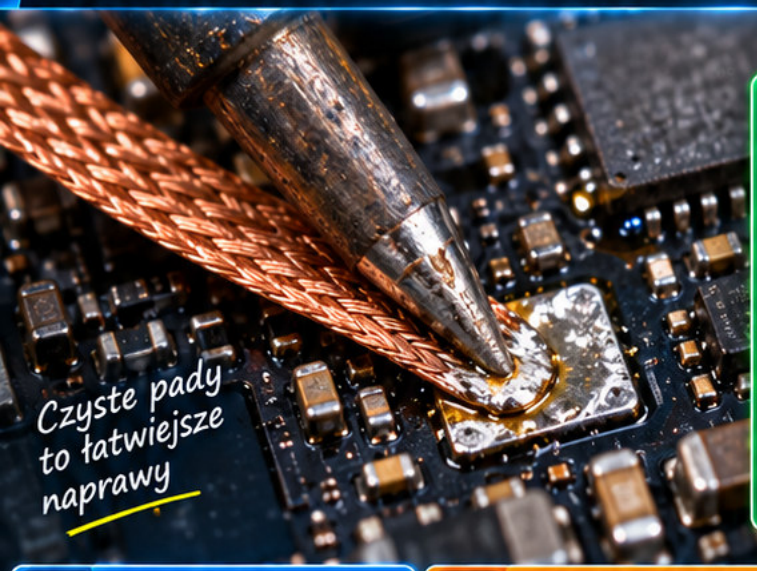
Równa aplikacja przed grzaniem daje większą przewidywalność po reflow.

MATERIAŁ 04 – Plecionka miedziana

Świeży fragment chłonie lut skuteczniej i wymaga krótszego kontaktu z polem.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

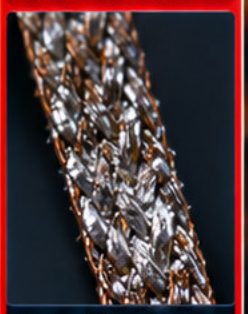


ŚWIEŻY FRAGMENT



Jasna miedź, wysoka chłonność.

ZUŻYTY FRAGMENT



Wypełniony lutem, niska chłonność.

1 FUNKCJA

- wchłanianie płynnego lutu
- wyrównanie padów
- usunięcie nadmiaru
- przygotowanie footprintu

2 JAK DOBRAĆ

- szerokość do obszaru
- możliwie świeży fragment
- dobra jakość splotu
- brak zanieczyszczeń

3 KIEDY ODCIĄĆ ZUŻYTY FRAGMENT

- włókna są wypełnione lutem
- fragment stał się sztywny
- nie absorbuje już skutecznie
- utrudnia kontakt grotu z obszarem

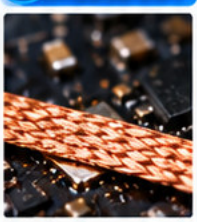
4 DOBRY PROCES

1 Topnik



Nałóż topnik na obszar.

2 Świeża plecionka



Użyj świeżego fragmentu plecionki.

3 Odpowiedni grot



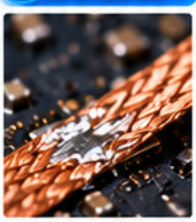
Użyj grotu o odpowiedniej powierzchni.

4 Minimalny nacisk



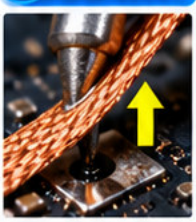
Przykładaj minimalny nacisk.

5 Rozpływ



Poczekaj, aż lut się rozpłynie i wsiąknie w plecionkę.

6 Wspólne uniesienie



Unieś jednocześnie grot i plecionkę.

TYPOWE BŁĘDY

- używanie jednego nasyconego fragmentu wielokrotnie
- dociskanie go do padu
- przeciąganie po powierzchni

PAMIĘTAJ

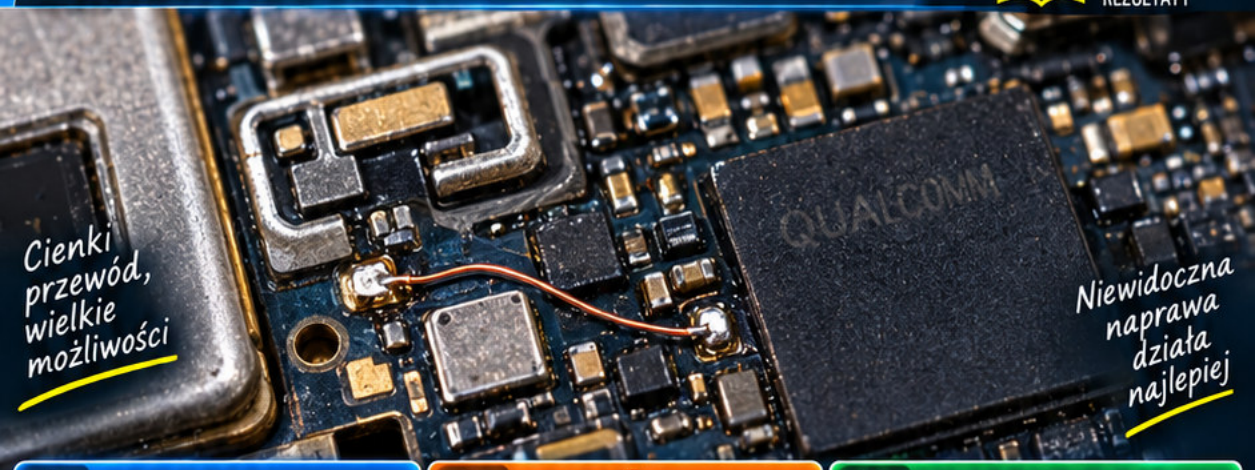
Zużyta plecionka wydłuża proces i zwiększa obciążenie termiczne.

MATERIAŁ 05 – Przewód do zworki

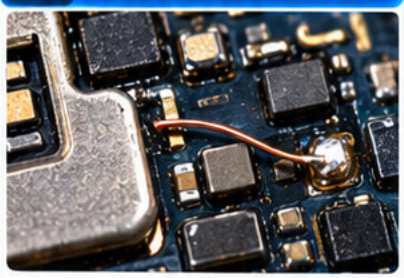
PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Powinien odtworzyć połączenie i pozostać niewidocznym problemem mechanicznym.

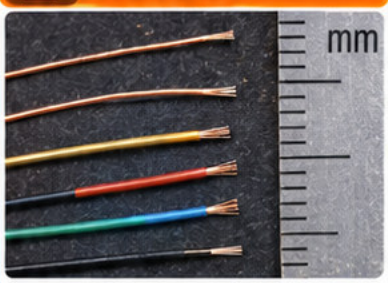


1 FUNKCJA



- ✓ odbudowa przerwanej ścieżki
- ✓ połączenie wyrwanego pada z właściwym netem
- ✓ alternatywna droga dla uszkodzonego fragmentu połączenia

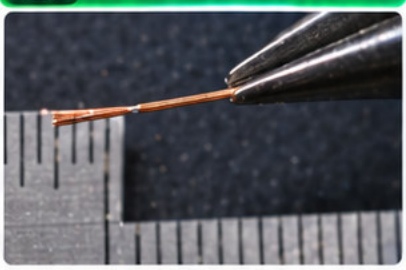
2 DOBÓR



Uwzględnij:

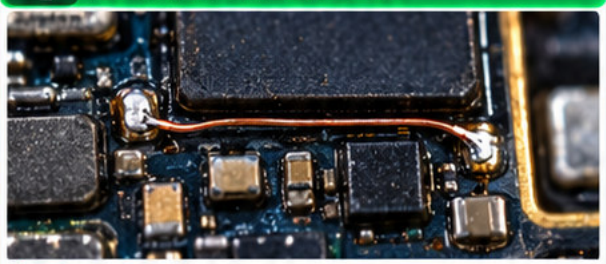
- funkcję elektryczną
- długość
- grubość
- elastyczność
- izolację
- dostępną przestrzeń

3 PRZYGOTOWANIE



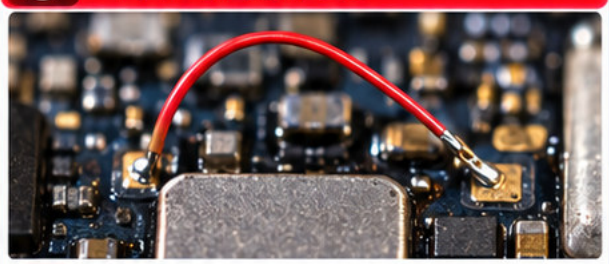
1. Odetnij z zapasem
2. Usuń minimalną ilość izolacji
3. Pocynuj końce
4. Uformuj trasę
5. Dopiero potem lutuj

4 DOBRY WZORZEC



- ✓ przewód blisko PCB
- ✓ krótka trasa
- ✓ brak ostrych załamań
- ✓ brak naprężenia
- ✓ brak kontaktu z innymi punktami

5 ZŁY WZORZEC



- ✗ długi łuk nad płytą
- ✗ przewód napięty
- ✗ końce z dużą ilością odkrytego metalu
- ✗ trasa przez miejsce osłony

✓ WZORZEC

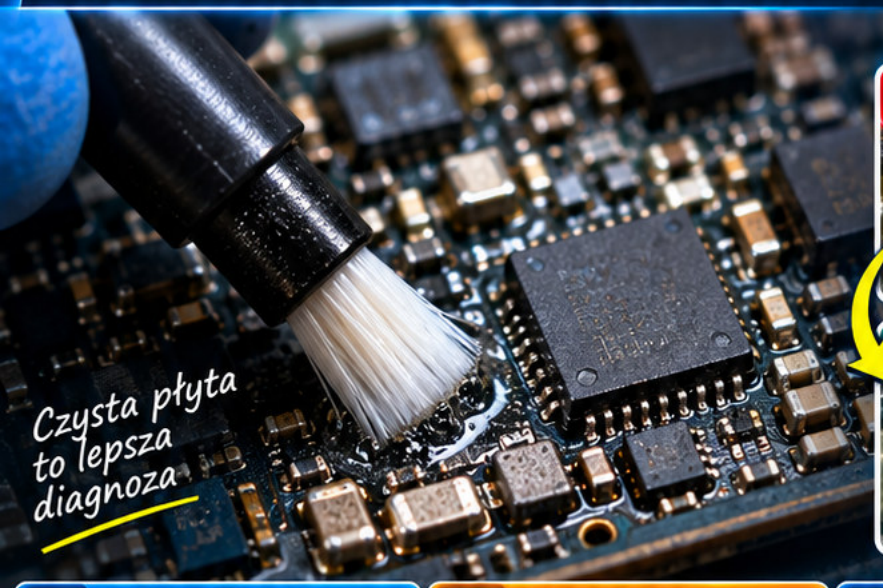
Zworka powinna wyglądać jak część zaplanowanej naprawy, nie jak przypadkowy przewód.

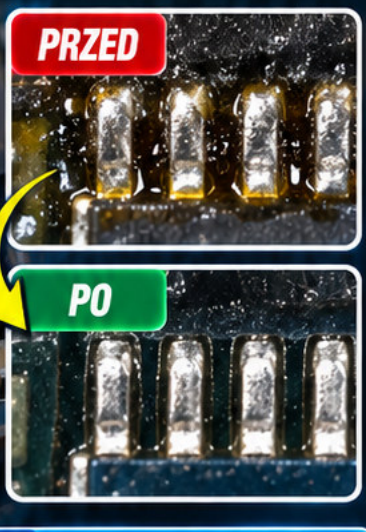
MATERIAŁ 06 – Środki do czyszczenia

Czysta powierzchnia ułatwia ocenę padów, spoin i uszkodzeń.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY





1 FUNKCJA

- ✓ usuwanie pozostałości topnika
- ✓ poprawa widoczności pod mikroskopem
- ✓ usuwanie zanieczyszczeń
- ✓ przygotowanie powierzchni przed kolejnym etapem

2 ZASADY

- ✓ używaj środka odpowiedniego do elektroniki i procesu
- ✓ stosuj małą ilość
- ✓ usuń luźne pozostałości
- ✓ pozwól obszarowi wyschnąć przed oceną

3 NARZĘDZIA POMOCNICZE


bezpieczna szczoteczka


bezpyłowy materiał


aplikator


precyzyjna końcówka

4 TYPOWE BŁĘDY

- ✗ zalewanie całej płyty bez potrzeby
- ✗ agresywne szczotkowanie małych SMD
- ✗ pozostawienie włókien
- ✗ rozpoczęcie testu zanim obszar wyschnie

✗ PRZED



Topnik zasłania krawędzie spoin.

✓ PO



Piny, pady i ewentualne mostki są wyraźnie widoczne.

✓ WZORZEC



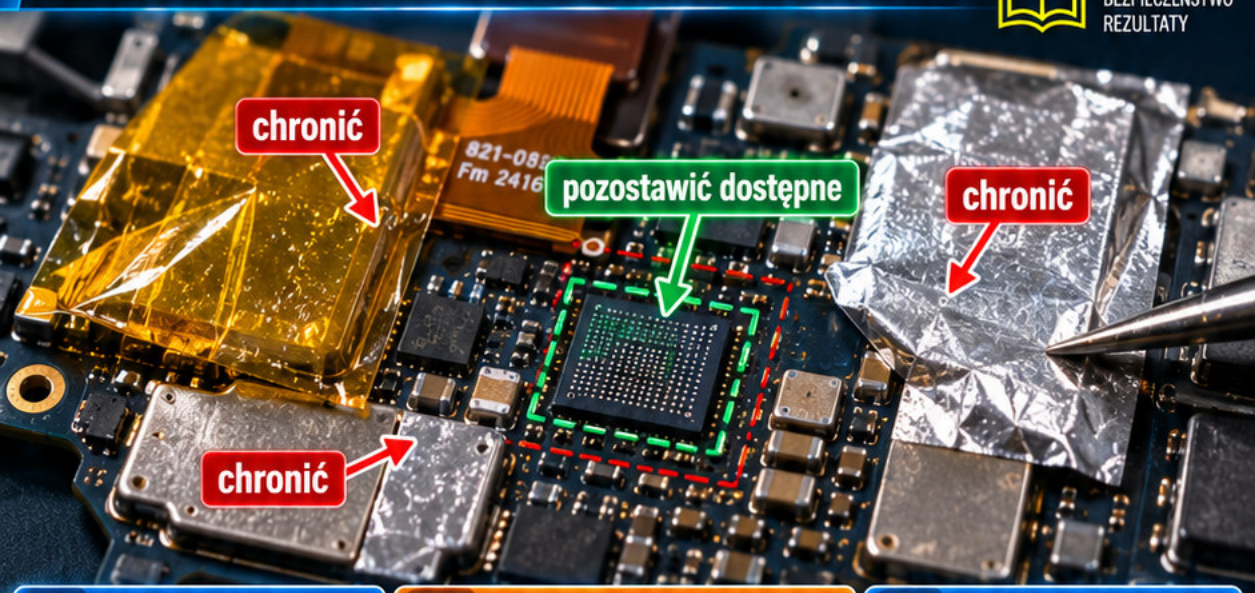
Czyszczenie nie jest kosmetyką — jest etapem diagnostycznym.

MATERIAŁ 07 — Materiały ochrony termicznej

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Zabezpieczaj otoczenie bez zwiększania czasu grzania bardziej niż to konieczne.



1 FUNKCJA

- ekranowanie plastiku
- ochrona flexów
- ograniczenie bezpośredniego strumienia
- ochrona sąsiednich komponentów

2 PRZYKŁADOWE FORMY


- taśma wysokotemperaturowa


- folia/osłona termiczna


- lokalny ekran


- materiał odporny na temperaturę odpowiedni do konkretnego procesu

3 JAK STOSOWAĆ

1. Zidentyfikuj element wrażliwy
2. Określ kierunek źródła ciepła
3. Osłoń tylko to, co trzeba
4. Zostaw komponent docelowy dostępny
5. Sprawdź stabilność osłony przed uruchomieniem airflow.

4 CZEGO NIE ROBIĆ

- zakrywać układu, który ma być ogrzany
- tworzyć szczeliny kierujące gorące powietrze pod złącze
- dopuścić do przesuwania osłony
- wydłużać grzania bez końca, ponieważ ekran odbiera zbyt dużo energii.

5 SZYBKA KONTROLA

- chroni właściwy element
- nie dotyka obszaru lutowniczego
- nie porusza się
- nie blokuje ruchu pęsety
- można obserwować komponent

BŁĘDNIE



Zbyt duża osłona zakrywająca prawie cały obszar.

WZORZEC



Lokalne, precyzyjne zabezpieczenie.

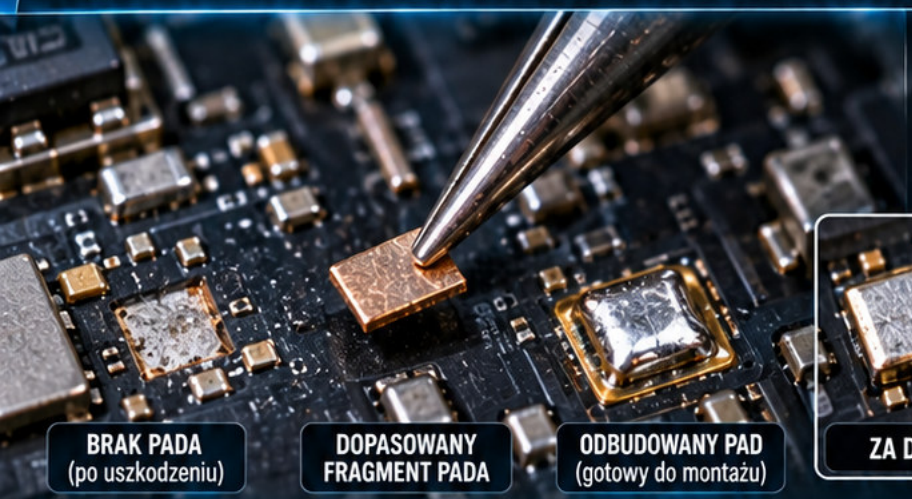
Ochrona termiczna powinna zmniejszać ryzyko, nie utrudniać kontrolę.

MATERIAŁ 08 — Materiał do odbudowy padów

Nowy pad musi odtworzyć funkcję elektryczną i zapewnić stabilną powierzchnię do ponownego lutowania.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Dobrze dopasowany pad daje przewidywalny montaż.



1 FUNKCJA



- zastąpienie wyrwanego pola;
- odtworzenie powierzchni kontaktowej;
- połączenie komponentu z właściwym netem;
- przywrócenie możliwości ponownego montażu.

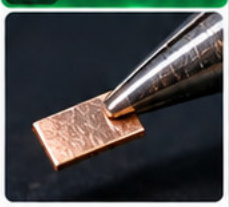
2 DOBÓR MATERIAŁU



Sprawdź:

- rozmiar pola;
- kształt;
- szerokość przyszłego terminalu;
- sposób połączenia ze ścieżką;
- wysokość względem pozostałych padów.

3 DOBRY MATERIAŁ



- cienki;
- łatwy do dopasowania;
- stabilny termicznie podczas lutowania;
- przewodzący w przewidywalny sposób;
- daje możliwość mechanicznego utrwalenia.

4 PRZYGOTOWANIE



1. Dopasuj rozmiar.
2. Ustal kierunek połączenia.
3. Przygotuj miejsce kontaktu z istniejącą ścieżką.
4. Pocynuj tylko niezbędną powierzchnię.
5. Ustaw pad dokładnie w oryginalnym miejscu.

5 TYPOWE BŁĘDY



- zbyt duży fragment metalu;
- pad ustawiony pod kątem;
- pad wystający ponad inne pola;
- brak połączenia z właściwym netem;
- nadmiar lutu pod odbudowanym polem.

PRZYKŁADY MATERIAŁÓW I ZASTOSOWANIA



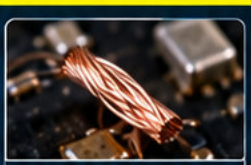
TAŚMA MIEDZIANA
(cienka, samoprzylepna)
Szybkie wykonanie prostych padów i mostków.



FRAGMENTY PŁYTKI PCB (cienki laminat)
Idealne do padów o większej powierzchni.



PADY SMD
(dawcy z płytki)
Gotowy kształt, precyzyjne wymiary.



DRUCIK MIEDZIANY
(cienki)
Do wąskich pól i połączeń ze ścieżką.



FOLIA MIEDZIANA
(bardzo cienka)
Dopasowanie niestandardowych kształtów.

WZORZEC

„Odbudowany pad powinien zachowywać się podczas montażu możliwie podobnie do oryginalnego."



- TAKA SAMA FUNKCJA ELEKTRYCZNA
- ZBLIŻONE WYMIARY
- RÓWNA POWIERZCHNIA
- STABILNY MONTAŻ
- TRWAŁA NAPRAWA

MATERIAŁ 09 – Stabilizacja naprawy

Połączenie elektryczne musi być poprawne zanim zostanie zabezpieczone mechanicznie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

PRZED STABILIZACJĄ

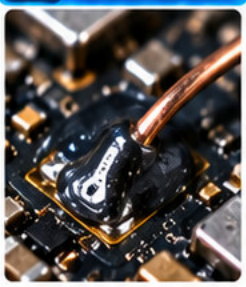


PO STABILIZACJI



Najpierw sprawdź połączenie, potem je zabezpiecz.

1 FUNKCJA



- Unieruchomienie przewodu.
- Zabezpieczenie krawędzi odbudowanego pada.
- Odciążenie punktów lutowniczych.
- Ochrona naprawionej ścieżki.

W PRAKTYCE

Stabilizacja nie zastępuje prawidłowego lutowania. Ma chronić naprawę i zwiększać jej trwałość.

2 KOLEJNOŚĆ

Najpierw:



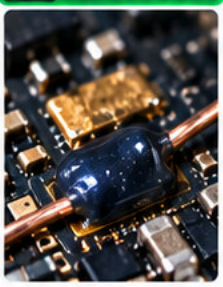
- Ciągłość.
- Brak zwarcia.
- Właściwe połączenie.
- Prawidłowa pozycja.

Potem:



- Stabilizacja.
- Ochrona.
- Ponowna kontrola.

3 GDZIE STOSOWAĆ



- Na odcinku przewodu między punktami.
- Przy krawędziach odbudowanego pola.
- Na bezpiecznej części laminatu.

W PRAKTYCE

Używaj żywic UV, klejów lub lakieru do zabezpieczania. Nakładaj tylko tyle, ile potrzeba.

4 GDZIE NIE STOSOWAĆ



- Na powierzchni aktywnego pada.
- Na pinach komponentu.
- Na punktach, które trzeba jeszcze sprawdzić.
- Na elementach ruchomych.
- W miejscu, które będzie mechanicznie dociskane.

UWAGA

Zła lokalizacja stabilizacji może utrudnić diagnostykę i powodować dodatkowe uszkodzenia.

5 DOBRE WYKOŃCZENIE



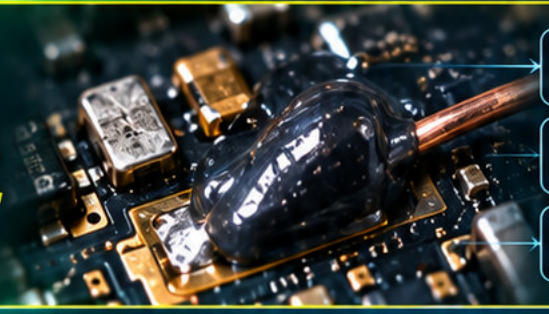
- Materiał nie wchodzi pod komponent.
- Nie tworzy wysokiego garbu.
- Nie dotyka przypadkowych połączeń.
- Pozostawia naprawę czytelną pod mikroskopem.

W PRAKTYCE

Wybieraj materiały o kontrolowanej lepkości. Pracuj precyzyjnie i zachowuj czystość obszaru.

WZORZEC

„Najpierw potwierdź naprawę. Dopiero potem ją zamknij i zabezpiecz.”



SPRAWDŹ

ZABEZPIECZ

ZACHOWAJ KONTROLĘ

MATERIAŁ 10 – Kulki BGA

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Średnica, kompletność i równomierność kulek mają bezpośredni wpływ na montaż układu.



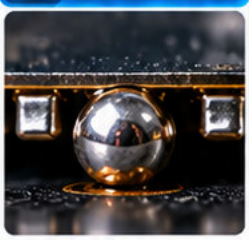
RÓŻNE ŚREDNICE KULEK BGA



NAJCZĘSTSZE USZKODZENIA



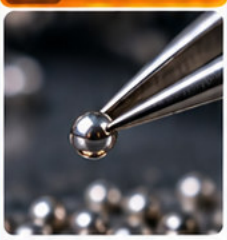
1 FUNKCJA



Kulki BGA pełnią kluczową rolę w montażu układu.

- Utworzenie połączeń pomiędzy układem BGA a PCB.
- Zapewnienie kontrolowanej wysokości montażu.
- Umożliwienie rozpływu na matrycy padów.

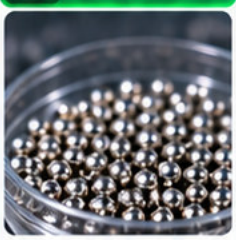
2 DOBÓR



Sprawdź:

- Zgodność średnicy z układem.
- Raster BGA.
- Stencil.
- Specyfikację zastosowanej metody reballingu.

3 PRZED UŻYCIEM



Upewnij się, że:

- Kulki czyste.
- Podobna średnica.
- Brak zanieczyszczeń.
- Właściwy rozmiar.
- Stencil zgodny z układem.

4 PO REFLOW



Sprawdź:

- Czy każda kulka istnieje.
- Czy wszystkie są podobnej wielkości.
- Czy są centralne.
- Czy nie ma połączeń pomiędzy nimi.

5 TYPOWE BŁĘDY

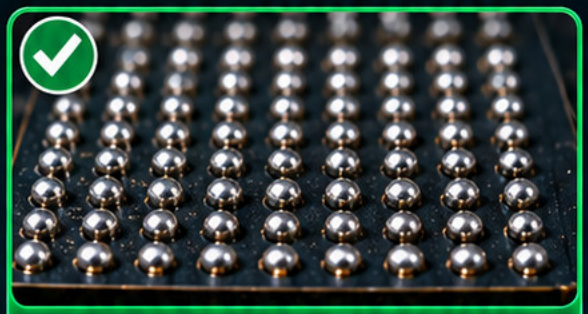


Unikaj:

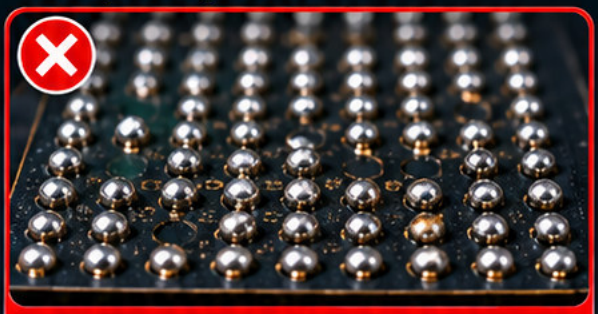
- Mieszanie różnych średnic.
- Brak kontroli pustych pozycji.
- Zanieczyszczone kulki.
- Użycie nieodpowiedniego stencila.
- Montaż mimo jednego wadliwego punktu.

WZORZEC

„Matryca jest gotowa dopiero wtedy, gdy całość wygląda równomiernie — nie tylko większość."



PRAWIDŁOWA, RÓWNOMIERNA MATRYCA



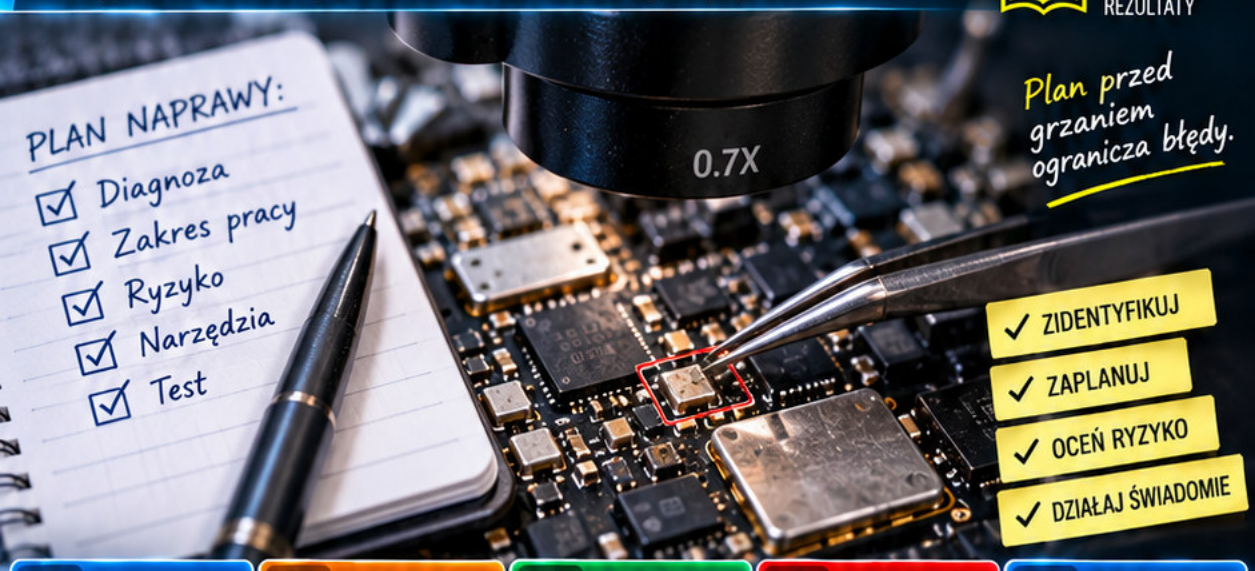
NIERÓWNOMIERNA MATRYCA — WYMAGA POPRAWY

PRZYGOTUJ 01 – Oceń naprawę zanim przygotujesz narzędzia

Najpierw zdefiniuj problem, zakres pracy i ryzyko.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 CEL



Przed przygotowaniem ciepłta ustal:

- co jest uszkodzone;
- co trzeba zrobić;
- co może pójść nie tak.

2 KROK 1 ZIDENTYFIKUJ USTERKĘ



- który element;
- jaki objaw;
- dlaczego podejrzewasz konkretny obszar.

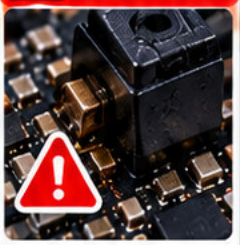
3 KROK 2 OKREŚL ZAKRES



Czy będzie potrzebne:

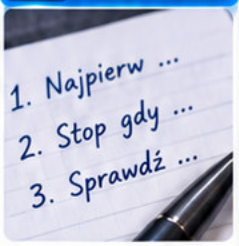
- lutowanie;
- demontaż;
- BGA;
- odbudowa pada;
- zworka;
- tylko inspekcja.

4 KROK 3 OCEŃ RYZYKO



- plastik obok;
- gęsto upakowane SMD;
- duża masa termiczna;
- wcześniejsze naprawy;
- uszkodzona soldermask.

5 KROK 4 USTAL PLAN



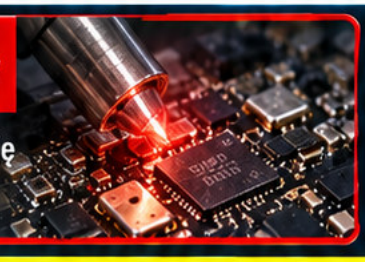
- Co zrobię jako pierwsze?
- Co będzie sygnałem do zatrzymania?
- Jak sprawdzę wynik?

CHECKLIST

- diagnoza potwierdzona
- cel procedury jasny
- ryzyko ocenione
- metoda wybrana
- test końcowy zaplanowany

BŁĘDNIE:

Najpierw podgrzeję i zobaczę.



WZORZEC:

Najpierw wiem, czego szukam i co chcę osiągnąć.



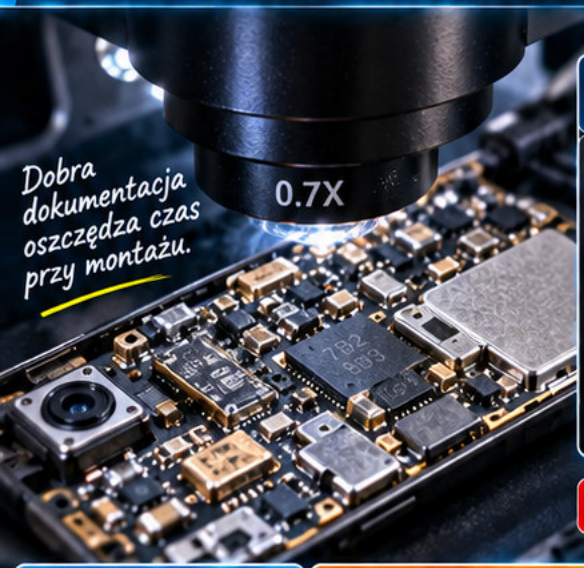
Brak planu przed grzaniem zwykle oznacza więcej grzania później.

PRZYGOTUJ 02 — ZRÓB DOKUMENTACJĘ PRZED DEMONTAŻEM

ZDJĘCIE WYKONANE PRZED PRACĄ MOŻE BYĆ NAJLEPSZYM WZORCEM PODCZAS SKŁADANIA.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



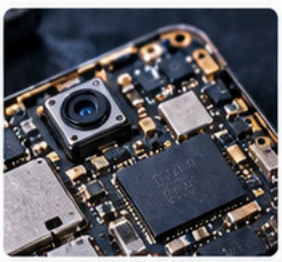
WIDOK OGÓLNY (SZEROKI)	WIDOK ŚREDNI	ZBLIŻENIE (MAKRO)
		
Pełny kontekst urządzenia.	Obszar roboczy.	Szczegóły, oznaczenia, pin 1.

PRZED → REFERENCJA → PO

1 CEL

Zachować informacje, które mogą zniknąć po demontażu:

- ✓ orientacja;
- ✓ położenie;
- ✓ kierunek pin 1;
- ✓ układ sąsiednich komponentów.



2 CO SFOTOGRAFOWAĆ

1 Cały obszar



Żeby zachować kontekst.

2 Komponent docelowy



Orientacja; oznaczenia.

3 Sąsiednie SMD



Ich pozycja i kierunek.

4 Złącza / kotwy



Sposób osadzenia.

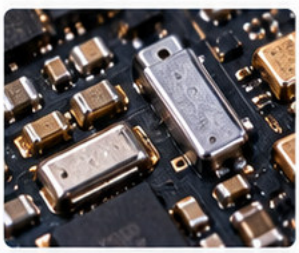
3 DODATKOWE NOTATKI

- ✓ pin 1;
- ✓ strona urządzenia;
- ✓ polaryzacja;
- ✓ oznaczenie układu;
- ✓ nietypowe ustawienie.



4 KIEDY JEST TO SZCZEGÓLNIE WAŻNE

- ✓ przy diodach;
- ✓ IC;
- ✓ BGA;
- ✓ filtrach;
- ✓ złączach;
- ✓ obszarach po wcześniejszej naprawie.



5 TYPOWE BŁĘDY

- ✗ zdjęcie tylko bardzo blisko bez kontekstu;
- ✗ brak widocznego pin 1;
- ✗ rozpoczęcie demontażu zanim orientacja została zapisana.



WZORZEC

„Zdjęcie przed naprawą jest częścią procedury, nie pamiątką."



PRZYGOTUJ 03 – LUTOWNICA CZY HOT AIR?

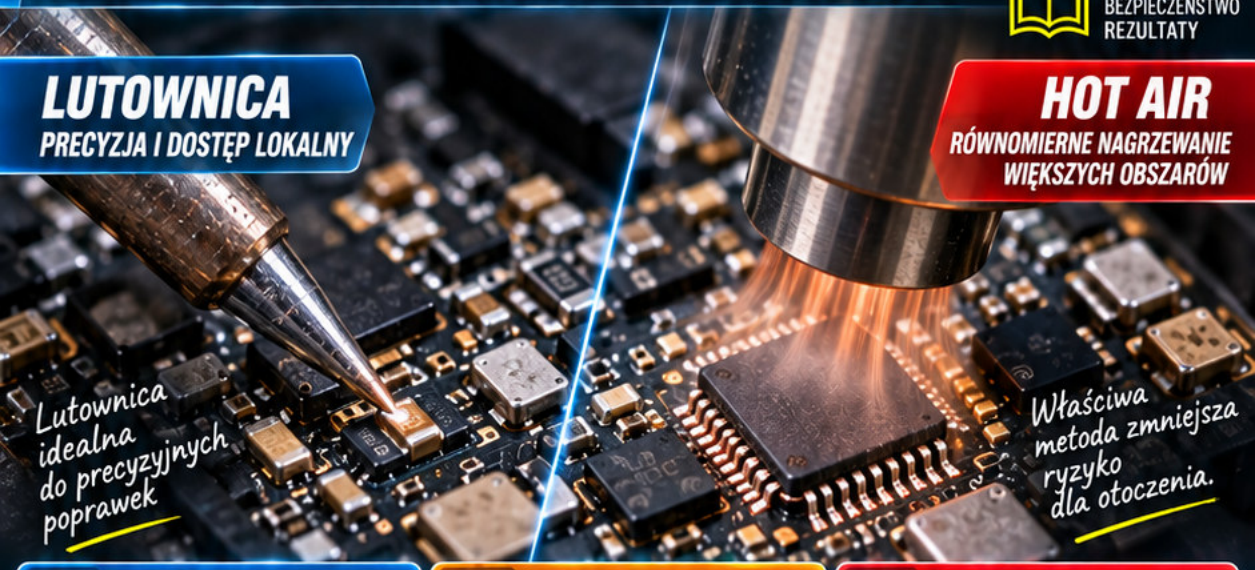
WYBIERZ METODĘ WEDŁUG GEOMETRII KOMPONENTU I DOSTĘPU DO POŁĄCZEŃ.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

LUTOWNICA
PRECYZJA I DOSTĘP LOKALNY

HOT AIR
RÓWNOMIERNE NAGRZEWANIE WIĘKSZYCH OBSZARÓW



1 PYTANIE 1

Czy wszystkie połączenia są łatwo dostępne grotem?

TAK



Lutownica może wystarczyć.

NIE

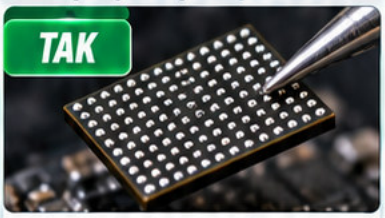


Rozważ hot air.

2 PYTANIE 2

Czy komponent ma wiele połączeń pod spodem?

TAK

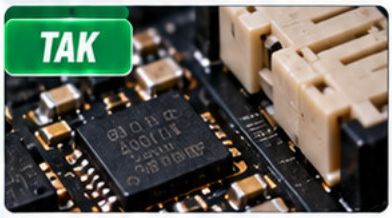


Hot air lub procedura odpowiednia dla BGA/QFN.

3 PYTANIE 3

Czy obok znajduje się plastik?

TAK



Oceń, czy lutownica da większą kontrolę lokalną.

4 LUTOWNICA – LEPSZA, GDY:

- ✓ Punktowe połączenie.
- ✓ Mały SMD.
- ✓ Pojedynczy pin.
- ✓ Naprawa ścieżki.
- ✓ Jumper.



5 HOT AIR – LEPSZY, GDY:

- ✓ Wiele połączeń naraz.
- ✓ Układ scalony.
- ✓ BGA.
- ✓ Element z padami pod spodem.
- ✓ Złącze wymagające równomiernego nagrzania.



6 KOMBINACJA

- ✓ Duża masa termiczna.
- ✓ Dodatkowe ciepło ułatwia transfer.
- ✓ Istnieje możliwość zachowania kontroli obszana.



✗ BŁĘDNIE:

używanie hot air do wszystkiego.



- Ryzyko przegrzania.
- Uszkodzenia elementów w pobliżu.
- Utrata kontroli.
- Niepotrzebne nagrzewanie otoczenia.

✓ WZORZEC:

metoda dopasowana do geometrii połączenia.



- Skuteczna naprawa.
- Minimalna ekspozycja otoczenia.
- Większa kontrola.
- Lepsze i przewidywalne rezultaty.

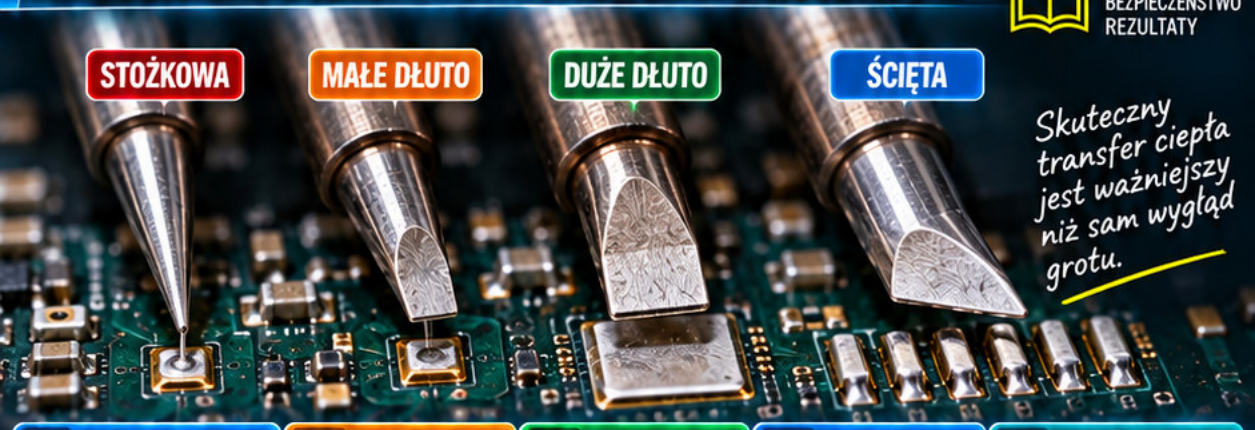
Najlepsze źródło ciepła to to, które daje największą kontrolę przy najmniejszej ekspozycji otoczenia.

PRZYGOTUJ 04 — Dobierz grot do powierzchni kontaktu

Precyzja nie oznacza automatycznie użycia najmniejszego grotu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Skuteczny transfer ciepła jest ważniejszy niż sam wygląd grotu.

1 PYTANIE GŁÓWNE



Jak duża powierzchnia musi skutecznie przyjąć ciepło?

- Dopasuj wielkość i kształt grotu do rozmiaru pola, padu lub elementu.
- **PAMIĘTAJ** Zbyt mały grot wydłuża czas grzania i zwiększa ryzyko uszkodzeń.

2 MAŁY PUNKT



- grot stożkowy;
- małe pady;
- precyzyjne poprawki.

W PRAKTYCE
Idealny do małych komponentów SMD, punktów testowych i delikatnych połączeń.

3 ŚREDNI PAD



- małe dłuto;
- lepszy transfer;
- większa kontrola czasu.

W PRAKTYCE
Uniwersalny grot do większości padów SMD, elementów średniej wielkości i pól lutowniczych.

4 DUŻE POLE



- większe dłuto;
- większa powierzchnia styku;
- mniej konieczności długiego kontaktu.

W PRAKTYCE
Do dużych pól masy, złączy, radiatorów, i elementów o dużej powierzchni kontaktu.

5 DRAG SOLDERING



- grot ścięty / odpowiednia geometria;
- cienka warstwa lutu;
- topnik.

W PRAKTYCE
Do lutowania wielu pinów w jednym ruchu, np. złącz, układów scalonych i padów w linii.

ZADANIE × GROT — SZYBKI DOBÓR

ZADANIE / POWIERZCHNIA	STOŻKOWA	MAŁE DŁUTO	DUŻE DŁUTO	ŚCIĘTA
Małe pady SMD	✓	✓	–	–
Średnie elementy / pady	–	✓	✓	–
Duże pola / masa	–	–	✓	–
Lutowanie w linii (drag)	–	–	–	✓
Precyzyjne poprawki	✓	✓	–	–

SPRAWDŹ PRZED PRACĄ

- Grot jest czysty (nie ma resztek starego lutu).
- Grot jest zwilżony (pokryty cienką warstwą świeżego lutu).
- Powłoka grotu nie jest uszkodzona.
- Grot ma odpowiednią masę termiczną do zadania.

TYPOWE BŁĘDY



✗ Mikroskopijny grot na dużym padzie.



✗ Ogromny grot między gęstymi SMD.



✗ Dobór tylko według „precyzyjnego wyglądu".

WZORZEC



Grot **powinien być na tyle duży**, aby skutecznie **przekazywać ciepło**, i **na tyle mały**, aby zachować **kontrolę**.

PRZYGOTUJ 05 – Dysza i airflow przed hot air

Strumień ma ogrzać komponent, a nie przesuwać otoczenie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY





Komponent zostaje poruszony.



Nierównomierne grzenie.

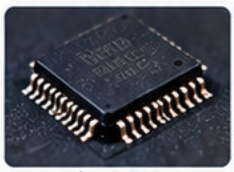


Komponent pozostaje stabilny.

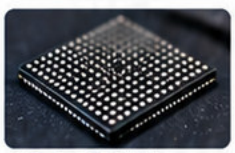
1 KROK 1 – OCEŃ ROZMIAR KOMPONENTU



Mały SMD



Średni IC



Duży BGA / złącze

2 KROK 2 – OCEŃ OTOCZENIE



Czy są małe elementy?



Plastik?



Flex?



Wysokie komponenty?



Ekran metalowy?

3 KROK 3 – DOBIERZ DYSZĘ



Za mała → punktowe przegrzewanie.



Za duża → niepotrzebnie duża strefa.



Właściwa → obejmuje obszar procesu.

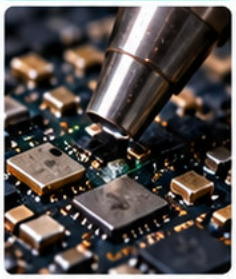
4 KROK 4 – DOBIERZ PRZEPŁYW



CEL:

- ✓ Wystarczający ruch gorącego powietrza.
- ✓ Bez przemieszczania lekkich SMD.

5 TEST PRZED WŁAŚCIWYM GRZANIEM



- ✓ Czy małe elementy pozostają stabilne?
- ✓ Czy osłona się nie przesuwa?
- ✓ Czy strumień jest kierowany poprawnie?

✗ BŁĘDNIE: silny airflow, bo "szybciej grzeje".



✓ WZORZEC: minimalny skuteczny przepływ do konkretnego zadania.



> **"Airflow dobieraj do stabilności elementów, nie do pośpiechu."**

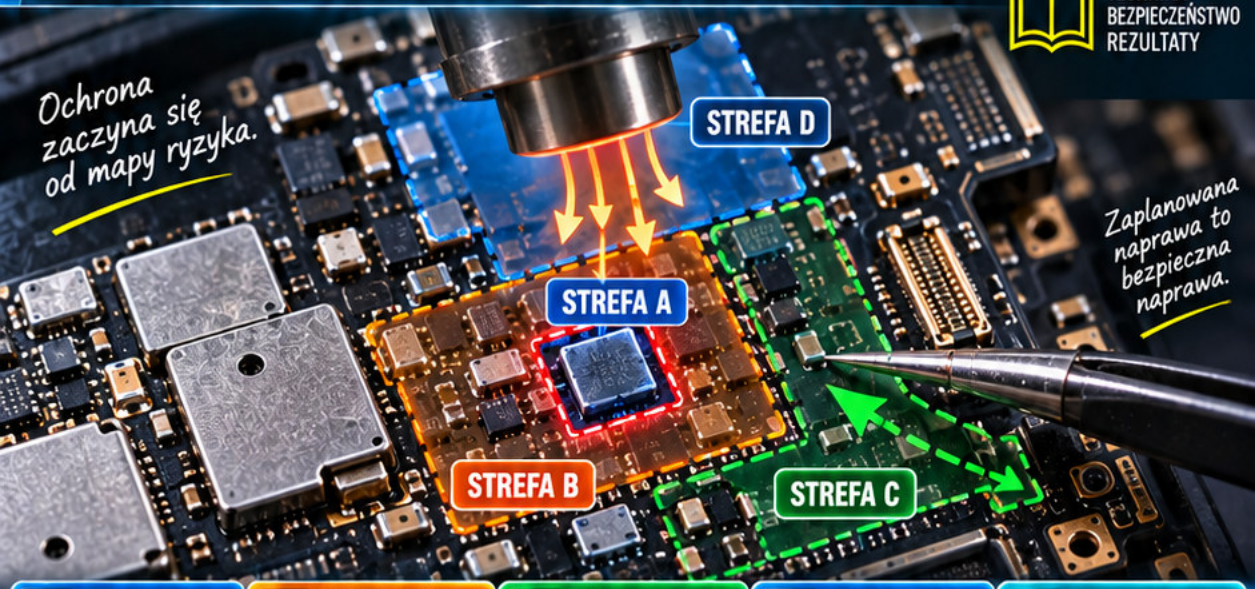
ODPOWIEDNIA TEMPERATURA | WŁAŚCIWA DYSZA | KONTROLOWANY PRZEPŁYW | STABILNE ELEMENTY | BEZPIECZNA NAPRAWA | LEPSZE REZULTATY

PRZYGOTUJ 06 — Zabezpiecz strefę naprawy

Zanim ogrzejesz cel, sprawdź wszystko, co może ucierpieć wokół niego.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 STREFA A — CEL



Komponent, który ma być lutowany lub usuwany.

2 STREFA B — BEZPOŚREDNIE OTOCZENIE



Sprawdź:

- małe SMD;
- plastik;
- sąsiednie układy;
- klej;
- cienkie flexy.

3 STREFA C — DROGA NARZĘDZIA



- którędy porusza się pęseta;
- gdzie przejdzie grot;
- w którą stronę zostanie zdjęty komponent.

4 STREFA D — STRUMIEŃ CIEPŁA



- kierunek hot air;
- możliwe odbicie od ekranów;
- możliwość nagrzania plastiku.

5 PRZYGOTOWANIE



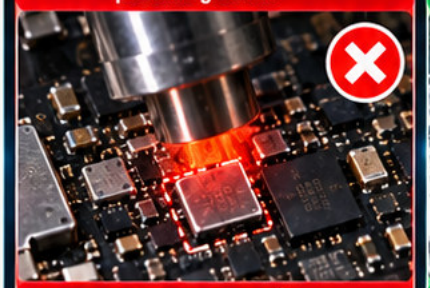
1. Usuń niepotrzebne przeszkody.
2. Osłoń elementy wrażliwe.
3. Sprawdź stabilność osłon.
4. Ustaw płytę.
5. Potwierdź drogę demontażu.

CHECKLIST

- cel dostępny;
- otoczenie chronione;
- pęseta ma miejsce;
- airflow nie trafia w plastik;
- nic nie blokuje pionowego podniesienia.

BŁĘDNIE:

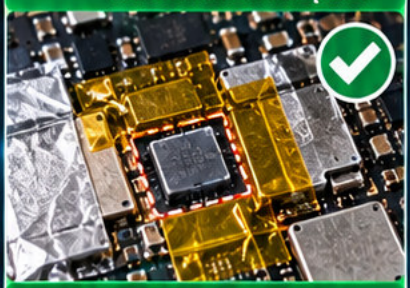
myślenie o ochronie dopiero podczas grzania.



RYZYKO USZKODZEŃ SĄSIEDNICH ELEMENTÓW.

WZORZEC:

mapa ryzyka przed uruchomieniem narzędzia.



KONTROLA I BEZPIECZNA NAPRAWA.

Ochrona zaczyna się od przewidzenia, dokąd pójdzie ciepło i narzędzie.

PRZYGOTUJ 07 – Sprawdź element zamienny przed montażem

Nie przygotowuj idealnie płyty tylko po to, aby zamontować niewłaściwy komponent.

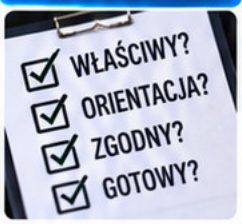
PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Najlepszy montaż zaczyna się od właściwego elementu.

1 CEL



Potwierdzić, że nowy element:

- jest właściwy;
- ma prawidłową orientację;
- jest fizycznie zgodny;
- nadaje się do montażu.

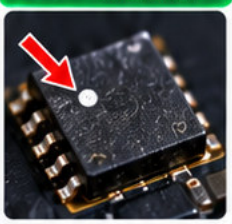
2 KROK 1 – IDENTYFIKACJA



Sprawdź i potwierdź:

- oznaczenie;
- wartość;
- model;
- obudowę;
- liczbę pinów.

3 KROK 2 – ORIENTACJA



Ustal prawidłową orientację:

- pin 1;
- plus/minus;
- znak katody;
- położenie względem zdjęcia referencyjnego.

4 KROK 3 – STAN FIZYCZNY



Oceń stan elementu:

- wyprowadzenia proste;
- brak pęknięć;
- brak zabrudzeń;
- brak pozostałości starego lutu utrudniających montaż.

5 KROK 4 – PORÓWNANIE Z ORYGINAŁEM



Porównaj z oryginałem:

- rozmiar;
- footprint;
- pozycja pinów;
- wysokość;
- znaczniki orientacji.

6 KROK 5 – GOTOWOŚĆ



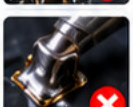
Element jest gotowy do montażu, jeśli:

- właściwy element;
- czysty;
- prawidłowa orientacja znana;
- mechanicznie nieuszkodzony;
- kompatybilny z footprintem.

PUNKTY UWAGI



Elementy wyglądające identycznie mogą mieć inne parametry.



Pasująca obudowa nie oznacza zgodności elektrycznej.



W BGA sama zgodność wymiaru nie wystarcza – matryca musi odpowiadać zastosowaniu.

PORÓWNANIE W PRAKTYCE

BŁĘDNIE:
Pasuje rozmiarem, więc montuję.



WZORZEC:
Potwierdzam oznaczenie, funkcję, footprint i orientację.



Ostatnia kontrola przed montażem powinna odpowiedzieć na dwa pytania:

Czy to właściwy element?

Czy wiem dokładnie, jak go ustawić?

PRZYGOTUJ 08 – Pady gotowe do montażu?

Nowy komponent nie powinien kompensować źle przygotowanej powierzchni.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY







UWAGA!
Oderwany pad może uniemożliwić montaż komponentu.

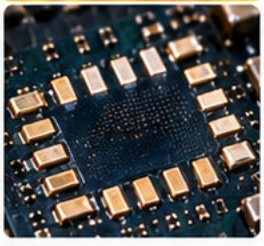
1 CEL



Przed montażem potwierdzić, że pady są:

- kompletne;
- stabilne;
- czyste;
- wyrównane;
- wolne od mostków.

2 KROK 1 – OBECNOŚĆ PADÓW



- czy wszystkie pola istnieją;
- czy nie ma wyrwanego lub częściowo uszkodzonego pada.



Brakujący pad uniemożliwi prawidłowy montaż.

3 KROK 2 – STABILNOŚĆ

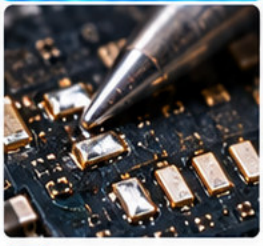


- lekko obserwuj pod mikroskopem;
- pad nie powinien się poruszać;
- brak odklejonych krawędzi.



Odklejony pad jest niestabilny.

4 KROK 3 – POZIOM LUTU



- usuń duże nierówności;
- nie próbuj całkowicie usuwać każdej śladowej ilości lutu;
- celem jest równa powierzchnia.



Zbyt dużo lutu tworzy nierówną powierzchnię.

5 KROK 4 – CZYSTOŚĆ

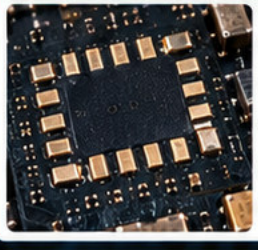


- brak przypalonego topnika;
- brak luźnych kulek;
- brak włókien plecionki.



Pozostałości mogą powodować problemy.

6 OSTATECZNA KONTROLA



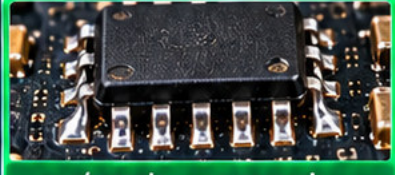
- pady kompletne
- pady stabilne
- poziom równy
- brak zwarć
- orientacja footprintu czytelna

BŁĘDNIE



montaż nowego elementu na nierównych padach

WZORZEC



wyrównanie → czyszczenie → inspekcja → montaż

Jeżeli pady nie są gotowe, komponent też nie jest gotowy do montażu.

PRZYGOTUJ 09 — Orientacja, polaryzacja i pin 1

Przed pierwszym punktem lutowniczym musisz wiedzieć, gdzie jest właściwy kierunek.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY









1 CEL

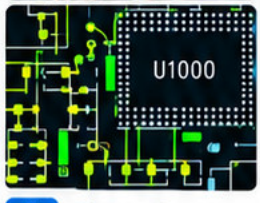


Potwierdzić orientację:

- IC (układ scalony);
- BGA;
- diody;
- kondensatora spolaryzowanego;
- złącza;
- filtra;
- tranzystora.

2 ŹRÓDŁA INFORMACJI





Skorzystaj z:

- zdjęcia wykonanego przed demontażem;
- oznaczenia na PCB;
- znaku na obudowie;
- boardview;
- schematu;
- dokumentacji komponentu.

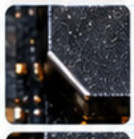
3 PIN 1 — TYPOWE OZNACZENIA



Kropka.



Wcięcie.



Ścięty narożnik.



Nadruk na obudowie.



Znak na soldermask.

4 POLARYZACJA



Sprawdź:

- „+" (plus);
- katodę / anodę;
- pasek;
- asymetrię footprintu.



5 PRZED LUTOWANIEM



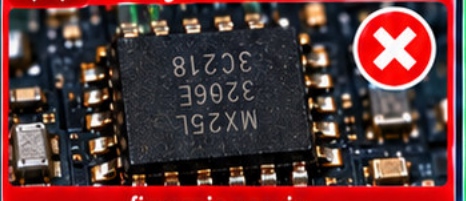
Upewnij się, że:

- orientacja potwierdzona z minimum jednego wiarygodnego źródła;
- znak komponentu widoczny;
- footprint zidentyfikowany;
- kierunek zapisany lub sfotografowany.

6 TYPOWE BŁĘDY

- orientacja „na pamięć";
- sugerowanie się tylko napisem na obudowie;
- założenie, że symetryczny kształt = brak kierunku;
- montaż przed sprawdzeniem pin 1.

BŁĘDNIE



fizycznie pasuje, ale obrócone o 180°.

WZORZEC



znak układu zgodny ze znakiem PCB.

Sprawdzenie orientacji trwa sekundy. Poprawa odwróconego układu może wymagać całego procesu od nowa.

PRZYGOTUJ 10 — Czy grot jest gotowy?

Stan grotu wpływa na szybkość przekazywania ciepła bardziej, niż może sugerować sama temperatura stacji.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



SPRAWDŹ 4 RZECZY

1 CZYSTOŚĆ



Brak twardych osadów na powierzchni grotu.

- brak przypalonego topnika;
- powierzchnia metalicznie czysta;
- brak czarnych nalotów;
- łatwo się pocynowuje.

2 ZWILŻENIE



Lut powinien pokrywać aktywną część grotu.

- lut równomiernie pokrywa grot;
- nie tworzy izolowanej kropli;
- dobrze się rozpływa;
- wskazuje prawidłową temperaturę i stan.

3 POWŁOKA



Brak głębokich ubytków i deformacji.

- ciągła powłoka;
- bez głębokich rys;
- brak deformacji;
- brak agresywnego zeszlifowania warstwy ochronnej.

4 GEOMETRIA



Odpowiednia do zadania.

- właściwy kształt do rodzaju pracy;
- wystarczająca powierzchnia kontaktu;
- brak nadmiernego zużycia;
- umożliwia efektywne przekazywanie ciepła.

JEŚLI GROT JEST UTLENIONY

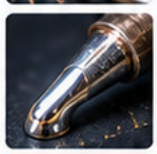
1. Oczyść delikatnie (z użyciem gąbki lub mosiężnej wełny).



2. Zastosuj świeży lut.



3. Sprawdź zwilżenie (lut powinien równomiernie pokrywać grot).



4. Jeśli nadal nie działa prawidłowo — rozważ wymianę.

TYPOWE BŁĘDY



Podnoszenie temperatury, aby „przebić" utlenienie.



Szlifowanie powłoki grotu (papierem ściernym, pilnikiem itp.).



Praca suchą końcówką (bez lutu).



Używanie zbyt małego grotu przez cały czas.

CHECKLIST

- grot jest czysty;
- grot jest pocynowany;
- powierzchnia bez głębokich ubytków;
- geometria odpowiednia do zadania;
- brak deformacji;
- szybko się nagrzewa i dobrze przekazuje ciepło.

WZORZEC

UTLENIONY GROT



- matowa, szorstka powierzchnia;
- słabe zwilżenie;
- dłuższy czas lutowania;
- gorsze przekazywanie ciepła.

PRAWIDŁOWO POCYNOWANY GROT



- błyszcząca powierzchnia;
- dobre zwilżenie;
- krótszy czas lutowania;
- stabilne przekazywanie ciepła.

Dobry grot = krótszy kontakt + bardziej przewidywalny proces.

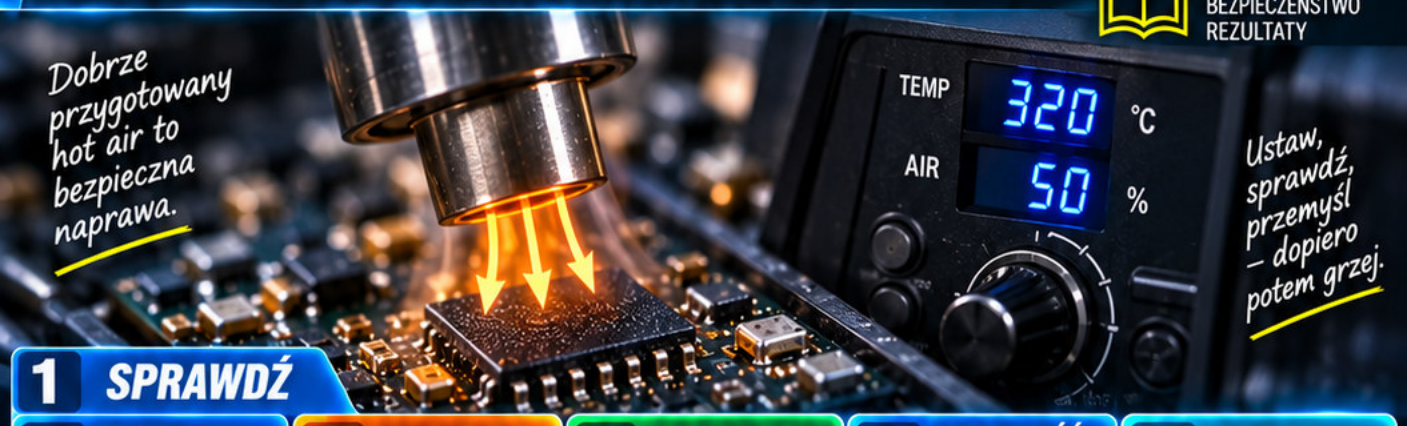
Zadbany grot to stabilna temperatura, lepsze lutowanie i mniejsze ryzyko uszkodzeń.

PRZYGOTUJ 11 — Kontrola hot air przed grzaniem

Ustaw proces zanim dysza znajdzie się nad komponentem.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Dobrze przygotowany hot air to bezpieczna naprawa.

Ustaw, sprawdź, przemyśl — dopiero potem grzej.

1 SPRAWDŹ

1 DYSZA — WŁAŚCIWY ROZMIAR



- ✓ odpowiedni rozmiar do komponentu;
- ✓ prawidłowo osadzona i czysta.



Zbyt duża lub zabrudzona dysza pogarsza precyzję.

2 PRZEPŁYW — STABILNY



- ✓ nie zdmuchuje lekkich elementów;
- ✓ wystarczający do zadania.



Zbyt duży przepływ zdmuchuje elementy.

3 TEMPERATURA — ODPOWIEDNIA

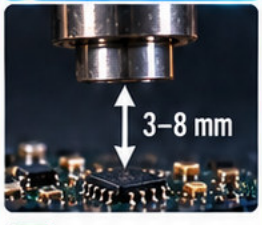


- ✓ dobrana do procesu;
- ✓ nie kompensuje złej odległości lub dyszy.



Zbyt wysoka temperatura zwiększa ryzyko uszkodzeń.

4 ODLEGŁOŚĆ — ZAPLANOWANA

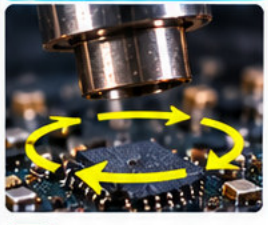


- ✓ stabilna wysokość;
- ✓ odpowiednia do komponentu i dyszy.



Zbyt mała odległość może uszkodzić element.

5 RUCH — PŁYNNY



- ✓ zaplanuj tor ruchu;
- ✓ unikaj zatrzymywania w jednym punkcie.



Zatrzymywanie w jednym punkcie powoduje przegrzanie.

6 TEST BEZ KONTAKTU Z OBSZAREM



- ✓ uruchom stację;
- ✓ sprawdź stabilność airflow;
- ✓ upewnij się, że przewód i uchwyt nie ograniczają ruchu.

⚙ Wykonaj test z dala od płyty, zanim rozpoczniesz grzanie.

7 OTOCZENIE



- ✓ płyta stabilna;
- ✓ osłony zamocowane;
- ✓ pęseta gotowa;
- ✓ droga wyjęcia komponentu wolna.

⚙ Zadbaj o porządek i swobodę manewru przed grzaniem.

✗ TYPOWE BŁĘDY

- ✗ ustawianie parametrów w trakcie krytycznego momentu grzania;
- ✗ zmiana kilku parametrów jednocześnie;
- ✗ brak przygotowanej pęsety;
- ✗ brak miejsca na pionowe podniesienie komponentu.



Zmiana ustawień podczas grzania jest ryzykowna.



Brak miejsca utrudnia wyjęcie komponentu.

✓ WZORZEC



Hot air powinien być gotowy zanim rozpocznie się cykl cieplny.

PRZYGOTUJ 12 — Topnik i lut przed rozpoczęciem

Przygotuj tylko tyle materiału, ile realnie potrzebujesz.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Dobrze przygotowany warsztat to czystszy i pewniejszy montaż.

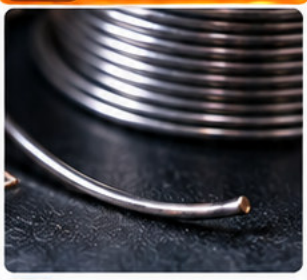
1 TOPNIK



Sprawdź:

- czy jest czysty;
- czy aplikator daje kontrolę;
- czy ilość można dozować precyzyjnie.

2 LUT



Sprawdź:

- rodzaj stopu (np. Sn63Pb37, bezołowiowy);
- średnicę drutu (np. 0,2–0,4 mm);
- stan powierzchni (czysty, bez utlenienia);
- ilość potrzebną do zadania.

3 ZASADA ILOŚCI

Mały komponent = mała ilość materiału.



TYLKO TYLE, ILE TRZEBA | ZBYT DUŻO MATERIAŁU

UNIKAJ:

- dużej kropli topnika;
- dużej ilości lutu na grocie;
- całego obszaru zalanego pastą.

4 PRZED PRACĄ



Upewnij się, że:

- topnik pod ręką;
- lut gotowy;
- plecionka dostępna;
- narzędzie do czyszczenia przygotowane.

5 TYPOWE BŁĘDY



Zbyt dużo topnika na początku.



Dokładanie materiału w pośpiechu.

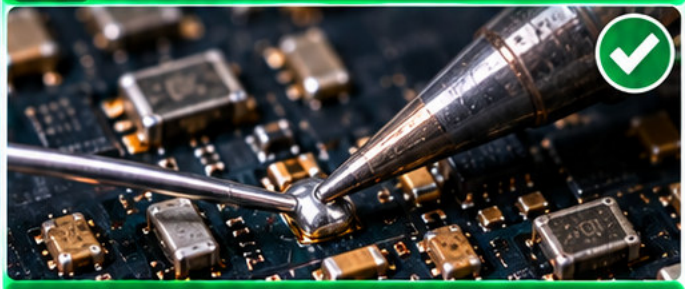


Lut trzymany w niewygodnej pozycji.



Brak możliwości szybkiego usunięcia nadmiaru.

6 WZORZEC



Materiały mają wspierać proces, nie dominować nad obszarem roboczym.

PRZYGOTUJ 13 – Zaplanuj demontaż zanim zaczniesz grzać

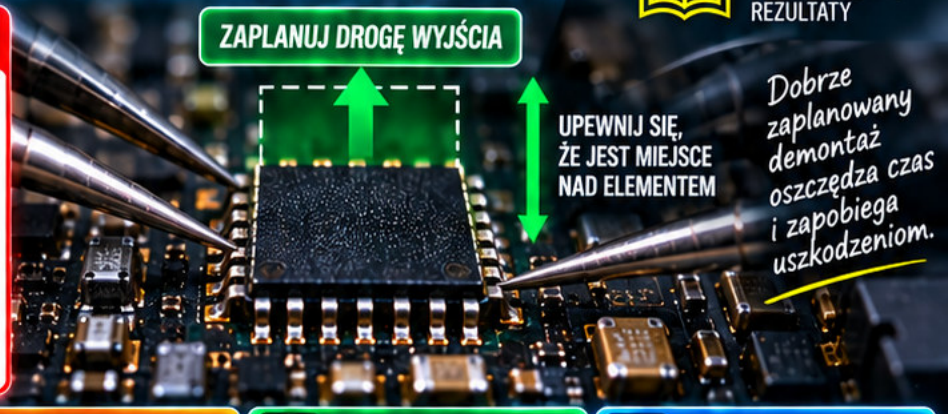
Wiedzieć, jak podnieść element, jest równie ważne jak wiedzieć, jak go ogrzać.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

PYTANIA PRZED STARTEM

- ✓ gdzie chwycę komponent?
- ✓ czy pęseta ma dostęp?
- ✓ w którą stronę mogę go wyjąć?
- ✓ czy powinien być podniesiony pionowo?
- ✓ czy istnieją kotwy mechaniczne?
- ✓ co znajduje się nad i obok?



Dobrze zaplanowany demontaż oszczędza czas i zapobiega uszkodzeniom.

1 DLA MAŁEGO SMD



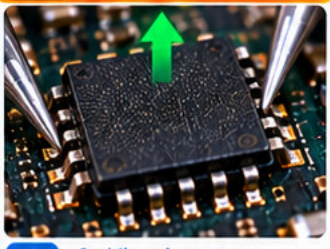
Chwyt z boku elementu.

- ✓ użyj cienkich końcówek pęsety;
- ✓ minimalny ruch;
- ✓ krótka droga wyjęcia;
- ✓ nie ściskaj zbyt mocno;
- ✓ sprawdź, czy pady są w pełni rozlutowane.



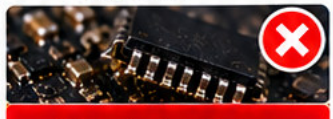
Nie podważaj od góry.

2 DLA IC



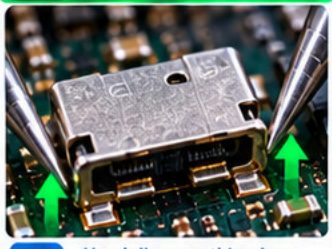
Stabilny chwyt po przeciwnych stronach.

- ✓ podnieś pionowo;
- ✓ nie przekręcaj;
- ✓ upewnij się, że wszystkie pady są rozlutowane;
- ✓ sprawdź, czy nic go nie blokuje;
- ✓ zastosuj równomierne podgrzanie.



Nie podnoś pod kątem.

3 DLA ZŁĄCZA



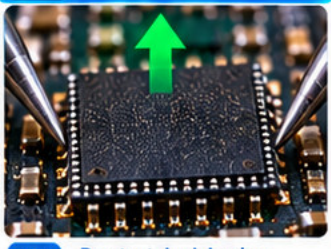
Uwolnij wszystkie piny i kotwy mechaniczne.

- ✓ znajdź kotwy i zaczepy;
- ✓ rozlutuj wszystkie wyprowadzenia;
- ✓ nie ciągnij za plastik;
- ✓ sprawdź, czy złącze nie jest dodatkowo klejone;
- ✓ wyjmuj równomiernie.



Nie ciągnij za plastikową obudowę.

4 DLA BGA



Przetestuj minimalny ruch po rozpływie.

- ✓ upewnij się, że kulki są w pełni rozlutowane;
- ✓ podnieś pionowo;
- ✓ nie przesuwaj po płycie;
- ✓ zadbaj o miejsce nad układem;
- ✓ użyj odpowiedniego uchwytu/pęsety próżniowej.



Nie przesuwaj układu po płycie.

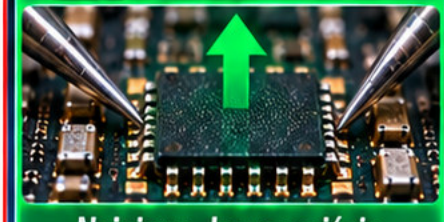
SYGNAŁ STOP



TYPOWE BŁĘDY

- ✗ szukanie pęsety w trakcie reflow;
- ✗ podnoszenie pod kątem;
- ✗ brak miejsca nad układem;
- ✗ chwyt za delikatne wyprowadzenia;
- ✗ pomijanie kotew mechanicznych;
- ✗ zbyt wczesne podnoszenie; ciągnięcie na siłę.

WZORZEC



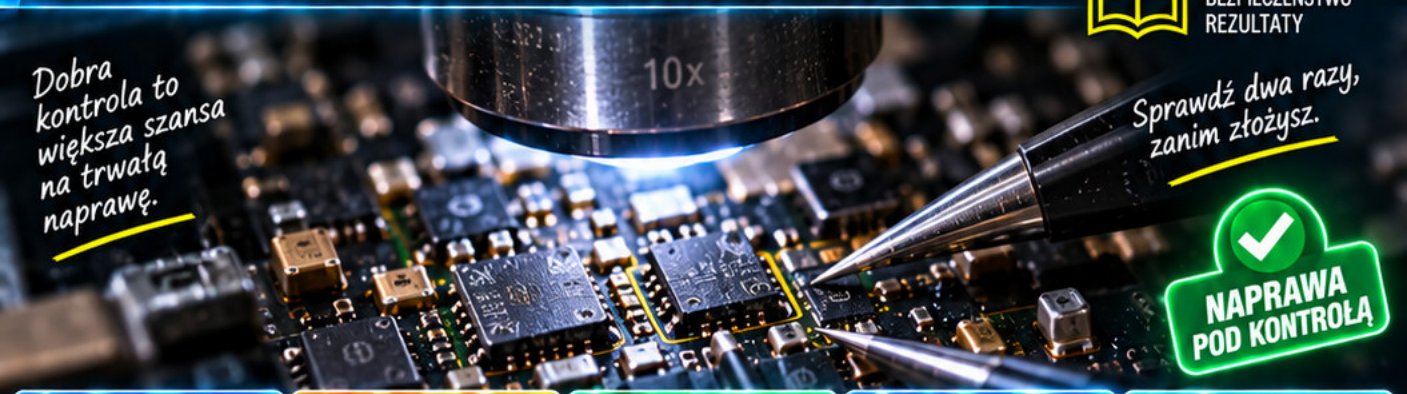
Najpierw droga wyjścia. Potem ciepło.

PRZYGOTUJ 14 — Jak sprawdzisz, czy naprawa się udała?

Zaplanuj kontrolę zanim wykonasz pierwszy punkt lutowniczy.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 CEL

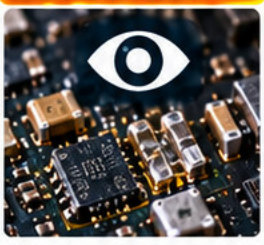


Przed rozpoczęciem odpowiedzieć:

„Co będzie dowodem, że procedura została wykonana poprawnie?"

- określ kryteria sukcesu;
- zapisz plan kontroli;
- przygotuj narzędzia;
- porównaj z oryginałem;
- nie zaczynaj bez planu.

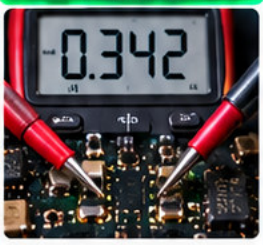
2 KONTROLA WIZUALNA



Sprawdź pod mikroskopem:

- pozycja komponentu;
- prawidłowa orientacja;
- dobre zwilżenie spoin;
- brak mostków lutowniczych;
- stan sąsiednich komponentów.

3 KONTROLA ELEKTRYCZNA



Zmierz i porównaj:

- ciągłość połączenia;
- brak niepożądanego zwarcia do masy lub innych netów;
- porównanie punktów pomiarowych z drugą stroną / schematem;
- stabilne, powtarzalne wyniki pomiarów.

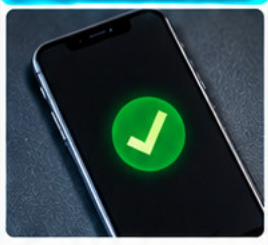
4 KONTROLA MECHANICZNA



Sprawdź stabilność:

- komponent stabilny na płytce;
- złącze siedzi równo;
- zworka dobrze przymocowana;
- brak luzów i mikroruchów po delikatnym poruszeniu;
- nic nie koliduje z obudową.

5 KONTROLA FUNKCJONALNA



Zweryfikuj działanie:

- konkretna funkcja urządzenia;
- odpowiedni test po częściowym złożeniu;
- sprawdź, czy nie ma nowych problemów;
- nie wykonuj zbędnych prób, gdy wcześniejsza kontrola wskazuje problem.

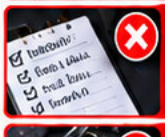
6 PRZYKŁAD — Naprawa zworki

PRZED NAPRAWĄ	PO NAPRAWIE	DODATKOWA KONTROLA
		
Brak ciągłości na zworkce.	Ciągłość przywrócona.	Brak zwarcia do sąsiedniego netu.

TYPOWE BŁĘDY



Uznanie naprawy za zakończoną, bo „wygląda dobrze".



Brak punktu odniesienia (schemat, sprawna płyta itp.).



Pełne składanie telefonu przed podstawowym testem.

WZORZEC



Każda procedura powinna mieć z góry określony test końcowy.

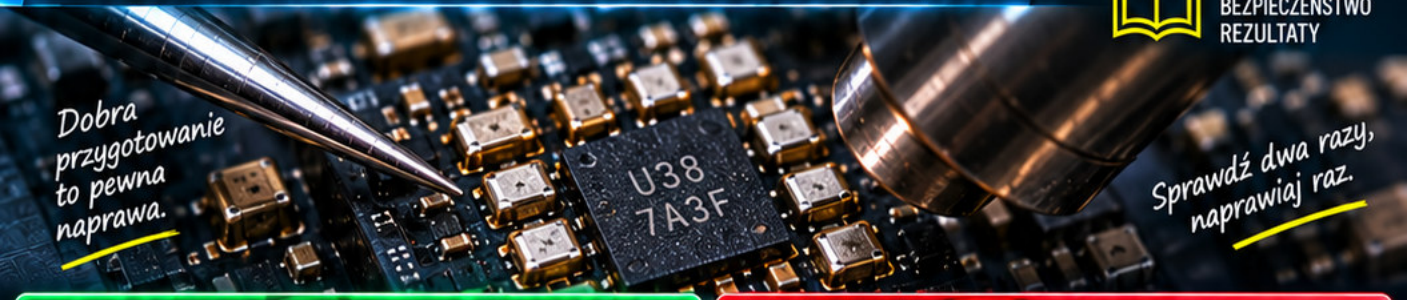
Najlepsze naprawy to te, które przechodzą kontrolę na każdym etapie — zanim złożysz telefon.

PRZYGOTUJ 15 — START czy STOP?

Ostatnie 20 sekund kontroli przed przyłożeniem ciepła.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Dobra przygotowanie to pewna naprawa.

Sprawdź dwa razy, naprawiaj raz.

START ✓ — WSZYSTKO GOTOWE? MOŻESZ DZIAŁAĆ!

- ✓ usterka jest potwierdzona;
- ✓ komponent jest właściwie zidentyfikowany;
- ✓ orientacja jest znana;
- ✓ płyta jest stabilna;
- ✓ pady są ocenione;
- ✓ narzędzie jest dobrane;
- ✓ grot/dysza są gotowe;
- ✓ topnik i lut są przygotowane;
- ✓ elementy wrażliwe są zabezpieczone;
- ✓ droga demontażu jest wolna;
- ✓ wiesz, co będzie sygnałem końca procesu;
- ✓ wiesz, jak sprawdzisz rezultat.



DOBRE PRZYGOTOWANIE = WIĘKSZA SZANSA NA SUKCES

STOP ✗ — ZATRZYMAJ SIĘ! ROZWIĄŻ PROBLEM NAJPIERW.

- ✗ nie jesteś pewien orientacji;
- ✗ pad już się porusza;
- ✗ komponent zamienny nie jest potwierdzony;
- ✗ hot air przesuwa sąsiednie elementy;
- ✗ nie masz kontroli nad narzędziem;
- ✗ nie wiesz, jak potwierdzić wynik.



WĄTPLIWOŚCI TO SYGNAŁ, ŻE NALEŻY SIĘ ZATRZYMAĆ

Jeżeli nie potrafisz wyjaśnić, co chcesz zrobić, czym to zrobisz i jak sprawdzisz wynik — *nie przykładaj jeszcze ciepła.*

Lepsza minuta na sprawdzenie, niż godzina na naprawianie błędów.

MINI-SCHEMAT — CZY MOGĘ ZACZĄĆ?



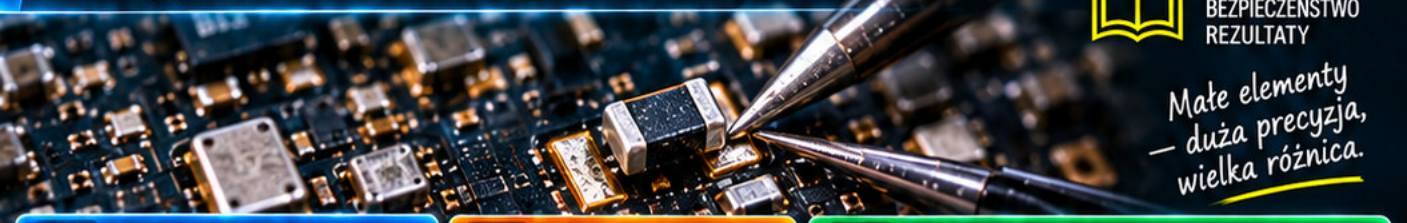


WYKONAJ 01 — Lutowanie małego SMD

Przyłap jeden koniec, ustaw, potem utrwal drugi.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



Małe elementy — duża precyzja, wielka różnica.

NARZĘDZIA

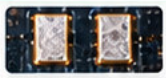
- [x]  mikroskop;
- [x]  lutownica;
- [x]  cienka pęseta;
- [x]  odpowiedni grot.

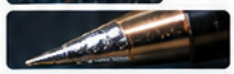
MATERIAŁY

- [x]  topnik;
- [x]  minimalna ilość lutu;
- [x] 

środek czyszczący.

PRZYGOTUJ

- [x] 
- [x] 
- [x] 

- [x] 

- [x] pady czyste;
- [x] element zidentyfikowany;
- [x] orientacja sprawdzona;
- [x] grot pocynowany.

WYKONAJ

1



Pocynuj pierwszy pad minimalnie. Nie twórz wysokiej kropli.

2



Chwyć komponent pęsetą.

3



Podgrzej pierwszy pad.

4



Ustaw komponent w stopionym lucie.

5



Usuń grot i utrzymaj pozycję do zastygnięcia.

6



Sprawdź centrowanie.

7



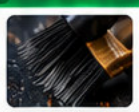
Przylutuj drugi koniec.

8



W razie potrzeby popraw pierwszy punkt.

ZAKOŃCZ

- [x]  wyczyść;
- [x]  sprawdź oba końce;
- [x]  sprawdź, czy komponent leży płasko.

PUNKTY UWAGI



- polaryzacja (+ / –);
- zbyt duża kropla na pierwszym padzie;
- przesunięcie;
- tombstoning;
- zbyt duży nacisk pęsetą.

PORÓWNANIE W PRAKTYCE



oba pady wypełnione dużą ilością lutu przed ustawieniem.



jeden kontrolowany punkt → ustawienie → drugi punkt.

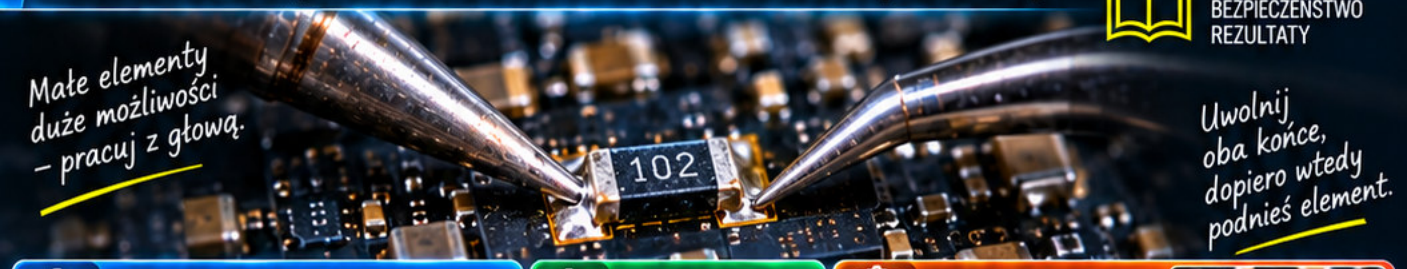
Najpierw pozycja, potem kompletne lutowanie.

WYKONAJ 02 – Demontaż małego SMD

Oba końce muszą zostać uwolnione zanim element zostanie podniesiony.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



NARZĘDZIA



mikroskop | lutownica lub hot air | pęseta

MATERIAŁY



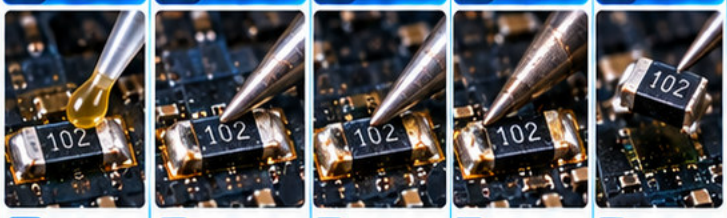
topnik | opcjonalnie świeży lut

PRZYGOTUJ

- zanotuj orientację, jeśli element jest spolaryzowany;
- upewnij się, że pęseta ma dobry dostęp;
- sprawdź sąsiednie elementy.

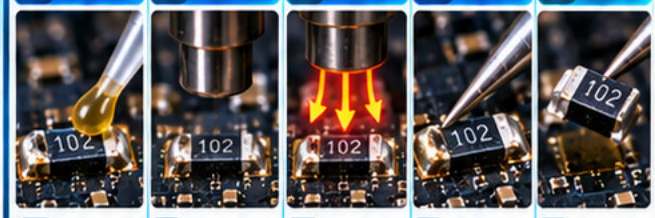


METODA A — LUTOWNICA



1. Nałóż topnik na oba końce elementu.
2. Dodaj niewielką ilość świeżego lutu, jeśli poprawi transfer ciepła.
3. Ogrzewaj oba końce odpowiednią metodą (np. naprzemiennie lub jednocześnie).
4. Poczekaj, aż oba połączenia będą płynne (lut jest w stanie ciekłym).
5. Unieś element pęsetą, bez siły i gwałtownych ruchów.

METODA B — HOT AIR



1. Nałóż topnik na oba końce elementu.
2. Ustaw niski/odpowiedni airflow i temperaturę dostosowaną do płyty.
3. Ogrzewaj element równomiernie z góry.
4. Dotknij minimalnie pęsetą, sprawdź czy element się porusza.
5. Gdy element grozi się (uszkodzenie – podnieś.

ZAKOŃCZ



1. Sprawdź pady – nie mogą być uszkodzone.
2. Usuń nadmiar lutu (np. plecionką lub odsysaczem).
3. Wyczyść obszar z pozostałości topnika.

PUNKTY UWAGI



- wyrwanie pada z laminatu.
- przesunięcie sąsiedniego SMD.
- odwrócenie orientacji przy ponownym montażu.
- nadmierne grzanie (uszkodzenie elementu lub płyty).

BŁĘDNIE



ciągnięcie jednego końca, gdy drugi jest jeszcze przylutowany.

POPRAWNIE



pełne uwolnienie obu końców przed podniesieniem.

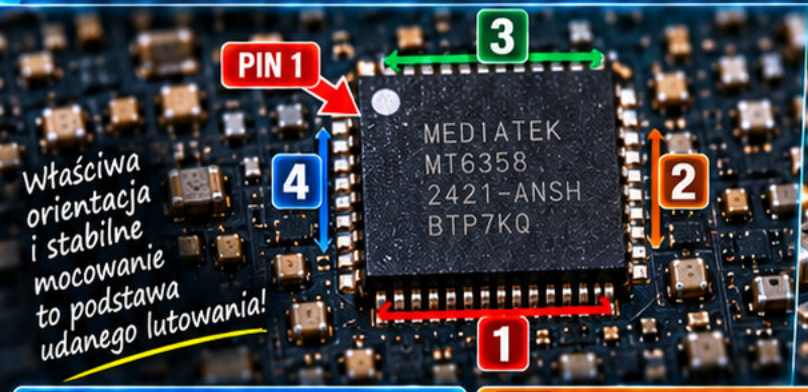
Mały komponent wymaga małej siły – najlepiej żadnej.

WYKONAJ 03 — Lutowanie układu wielopinowego

Najpierw zakotwicz pozycję, potem lutuj kolejne boki.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY





NARZĘDZIA

- ☑  mikroskop
- ☑  lutownica
- ☑  odpowiedni grot
- ☑  precyzyjna pęseta

MATERIAŁY

- ☑  topnik
- ☑  niewielka ilość lutu
- ☑  plecionka do korekty mostków
- ☑ 

środek czyszczący

PRZYGOTUJ

- ☑  potwierdź pin 1
- ☑  wyrównaj układ z footprintem
- ☑  sprawdź wszystkie narożniki
- ☑  upewnij się, że pady są czyste i równe

WYKONAJ

1 PRZYŁAP PIERWSZY NAROŻNIK



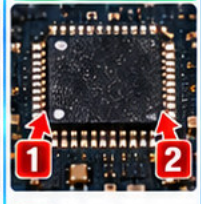
- ☑ użyj minimalnej ilości lutu;
- ☑ nie pozwól układowi przesunąć się.

2 SPRAWDŹ USTAWIENIE



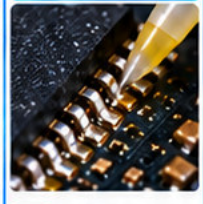
- ☑ czy piny nadal trafiają na pady;
- ☑ czy układ nie został obrócony.

3 PRZYŁAP NAROŻNIK PRZECIWLEGŁY



- ☑ dopiero po potwierdzeniu pierwszego ustawienia.

4 NAŁÓŻ TOPNIK NA PIERWSZY BOK



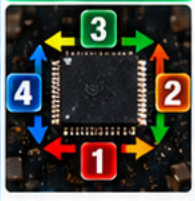
- ☑ cienka warstwa;
- ☑ wszystkie piny powinny być widoczne.

5 LUTUJ SEKCJAMI



- ☑ prowadź grot kontrolowanym ruchem;
- ☑ obserwuj zwilżanie pinów;
- ☑ nie zatrzymuj się długo na jednym wyprowadzeniu.

6 POWTÓRZ NA KOLEJNYCH BOKACH



- ☑ wykonaj lutowanie wszystkich pozostałych boków.

7 SPRAWDŹ KAŻDY BOK



- ☑ mostki;
- ☑ brakujące połączenia;
- ☑ przesunięte piny.

ZAKOŃCZ

- ☑  usuń pozostałości topnika;
- ☑  wykonaj inspekcję pin po pinie;
- ☑  sprawdź narożniki;
- ☑  sprawdź otoczenie.

PUNKTY UWAGI

- ☒ przesunięcie po pierwszym punkcie;
- ☒ nadmiar lutu na grocie;
- ☒ niedostateczna ilość topnika;
- ☒ zbyt długi kontakt;
- ☒ mostki w narożnikach.

BŁĘDNIE



lutowanie całego boku przed sprawdzeniem ustawienia.

WZORZEC



pierwszy narożnik → kontrola → drugi narożnik → reszta pinów.

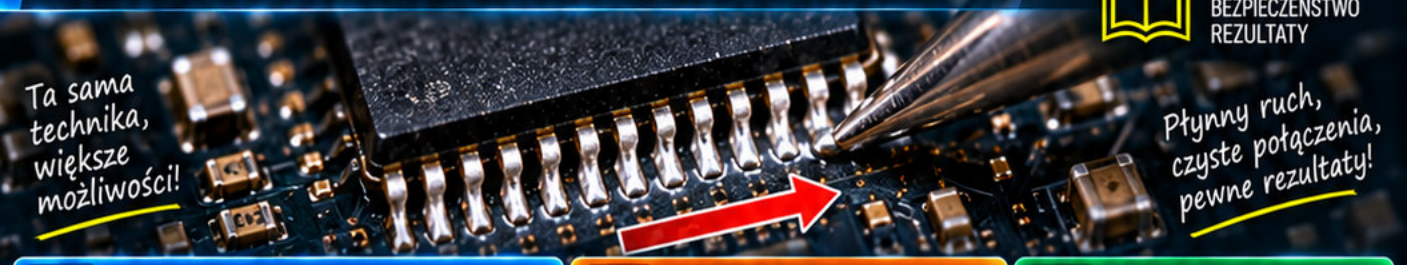
Pozycja musi być stabilna zanim lut zacznie ją utrwalać.

WYKONAJ 04 — Drag soldering krok po kroku

Topnik, mała ilość lutu i płynny ruch po wyprowadzeniach.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



NARZĘDZIA



- mikroskop
- lutownica
- grot ścięty lub odpowiedni do drag soldering
- pęseta do ewentualnej korekty

MATERIAŁY



- topnik
- minimalna ilość lutu
- plecionka
- środek czyszczący

PRZYGOTUJ

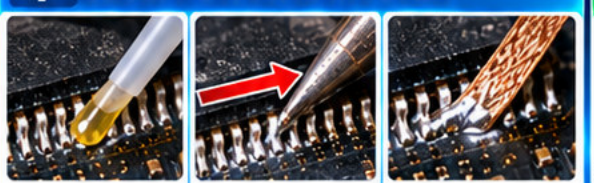
- ☑ układ zakotwiczony;
- ☑ wszystkie piny ustawione nad padami;
- ☑ powierzchnia czysta;
- ☑ grot przygotowany z małą ilością lutu.

WYKONAJ



1. Nałóż topnik na rząd pinów. Nie zalewaj całej płytki.
2. Umieść niewielką ilość lutu na aktywnej części grotu.
3. Przyłóż grot na początku rzędu.
4. Przeciągaj płynnie wzdłuż końcówek pinów.
   - ☑ lekki kontakt;
   - ☑ bez nacisku;
   - ☑ bez zatrzymywania na pojedynczym pinie.
5. Pozwól topnikowi i napięciu powierzchniowemu rozdzielać lut pomiędzy wyprowadzenia.
6. Oczyść grot po przejściu.
7. Sprawdź rząd pod mikroskopem.

JEŚLI POWSTAŁ MOSTEK



- Dodaj trochę topnika.
- Przeciągnij czystym grotem.
- Jeśli trzeba, użyj plecionki punktowo.

ZAKOŃCZ

- ☑ wyczyść;
- ☑ sprawdź każdy pin;
- ☑ potwierdź separację.



PUNKTY UWAGI

- ☒ zbyt dużo lutu;
- ☒ zbyt wolny ruch;
- ☒ zbyt duży nacisk;
- ☒ słaby topnik;
- ☒ nieprawidłowo ustawione piny.

BŁĘDNIE



malowanie dużą kroplą lutu po pinach

WZORZEC



cienka warstwa + topnik + płynne przejście

W drag soldering mniej lutu daje więcej kontroli.

WYKONAJ 05 — Usuwanie mostka między pinami

Usuń nadmiar lutu, zachowując poprawne spoiny po obu stronach.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



NARZĘDZIA



mikroskop · lutownica · czysty grot · plecionka, kiedy to konieczne

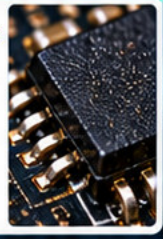
MATERIAŁY



topnik · środek czyszczący

PRZYGOTUJ

- [x] sprawdź, które piny są zwarte (znajdź mostek);
- [x] wyczyść obszar;
- [x] upewnij się, że układ nie jest przesunięty.



WYKONAJ — METODA 1: CZYSTY GROT



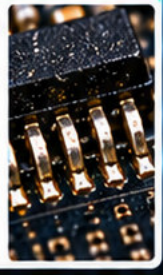
WYKONAJ — METODA 2: PLECIONKA

Jeśli nadmiar jest większy:



ZAKOŃCZ

- [x] sprawdź, czy oba piny nadal mają właściwą ilość lutu;
- [x] sprawdź sąsiednie piny;
- [x] wyczyść obszar ze śladów topnika.



PUNKTY UWAGI

- nie usunąć zbyt dużo lutu (piny muszą pozostać zalutowane);
- nie naciskać plecionką na delikatne piny;
- nie skrobać mechanicznie;
- nie rozginać pinów.

BŁĘDNIE



wkładanie ostrza między dwa piny.

WZORZEC



upłynnienie lutu i kontrolowane usunięcie nadmiaru.

Mostek jest problemem ilości i rozpływu lutu — nie problemem mechanicznym.

WYKONAJ 06 — Wyrównanie padów plecionką

Pozwól lutowi wejść w plecionkę — nie dociskaj go z powierzchni.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



Czyste pady to podstawa dobrego montażu!

NARZĘDZIA



mikroskop



lutownica



grot o odpowiedniej powierzchni styku

MATERIAŁY



plecionka



topnik



środek czyszczący

PRZYGOTUJ



- obejrzyj pady przed rozpoczęciem;



- zidentyfikuj ewentualnie podniesione pola;



- użyj świeżego odcinka plecionki.

WYKONAJ

1 NAŁÓŻ TOPNIK



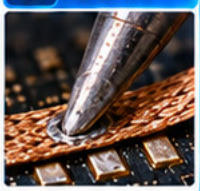
Nałóż topnik na pady.

2 POŁÓŻ PLECIONKĘ



Połóż plecionkę płasko na lut.

3 PRZYŁÓŻ GROT OD GÓRY



Powierzchnia grotu powinna skutecznie przekazywać ciepło.

4 POCZEKAJ



Poczekaj na kapilarne wchłanianie lutu.

5 PRZESUŃ *TYLKO W RAZIE POTRZEBY*



Przesuń się do kolejnej małej sekcji tylko wtedy, gdy trzeba.

6 UNIEŚ RAZEM



Unieś grot i plecionkę razem.

7 ODETNIJ

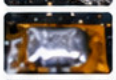


Odetnij nasycony fragment plecionki.

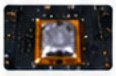
ZAKOŃCZ



- wyczyść;



- sprawdź poziom;



- sprawdź kompletność padów;

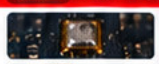


- nie próbuj uzyskać „zerowej" ilości lutu za wszelką cenę.

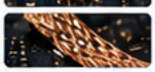
PRZEKRÓJ PROCESU



PUNKTY UWAGI



- pad zaczynający się podnosić;



- plecionka przyklejona;



- zbyt mały grot;



- za długi kontakt;



- agresywny nacisk.

BŁĘDNIE



dociskanie i szorowanie

WZORZEC



topnik + ciepło + kapilarność

EFEKT — PRZED I PO



Celem jest wyrównanie powierzchni, nie mechaniczne polerowanie PCB.

WYKONAJ 07 — Demontaż układu scalonego hot air

Grzej równomiernie, testuj lekko, podnoś dopiero po pełnym uwolnieniu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY







NARZĘDZIA

- [x] 
- [x] stacja hot air
- [x] 
- [x] mikroskop
- [x] 
- [x] odpowiednia dysza
- [x] pęseta

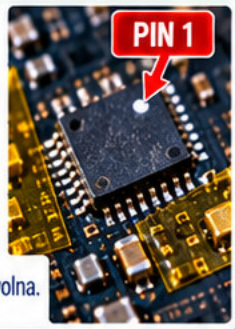
MATERIAŁY

- [x] 
- topnik
- [x] 
- ochrona termiczna
- [x] 

- środki do czyszczenia

PRZYGOTUJ

- [x] pin 1 zapisany;
- [x] zdjęcie referencyjne;
- [x] sąsiednie elementy chronione;
- [x] płyta stabilna;
- [x] droga podniesienia wolna.



WYKONAJ



Nałóż topnik wokół połączeń.



Rozpocznij ogrzewanie obszaru.

- [x] spokojny ruch;
- [x] stabilna odległość;
- [x] airflow nie może przesuwać otoczenia.



Koncentruj się stopniowo na komponencie.



Obserwuj zachowanie topnika i połączeń.



Testuj minimalnym ruchem pęsety.

- [x] tylko lekki kontakt boczny;
- [x] bez podważania.



Gdy element porusza się swobodnie — podnieś pionowo.

ZAKOŃCZ

- [x] odłóż układ;
- [x] usuń hot air;
- [x] pozwól płycie ostygnąć;
- [x] sprawdź pady i sąsiednie komponenty.



PUNKTY UWAGI

- !  element nadal stawia opór;
- !  małe SMD zaczynają się poruszać;
- !  plastik mięknie;
- !  topnik gwałtownie ciemnieje.

BŁĘDNIE



podważanie jednego narożnika.

WZORZEC



pełny rozpływ wszystkich połączeń → pionowe podniesienie.

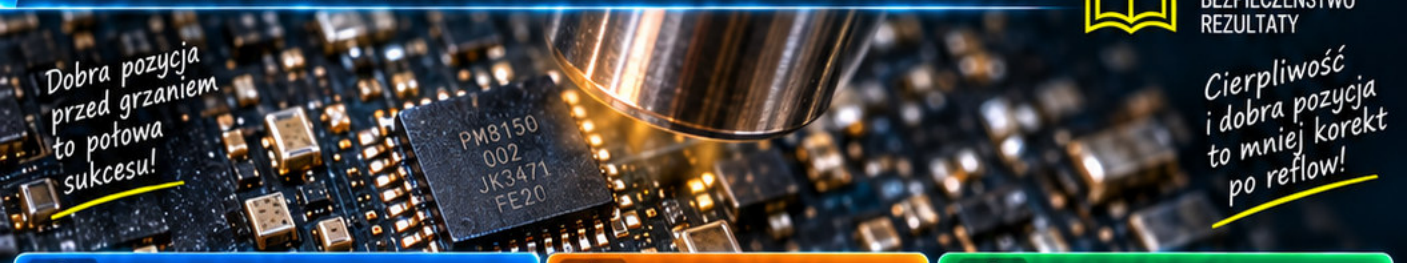
Układ ma być uwolniony ciepłem zanim zostanie poruszony mechanicznie.

WYKONAJ 08 — Montaż układu scalonego hot air

Prawidłowa pozycja przed grzaniem ogranicza potrzebę korekty w trakcie reflow.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



NARZĘDZIA



- mikroskop
- hot air
- pęseta
- odpowiednia dysza

MATERIAŁY



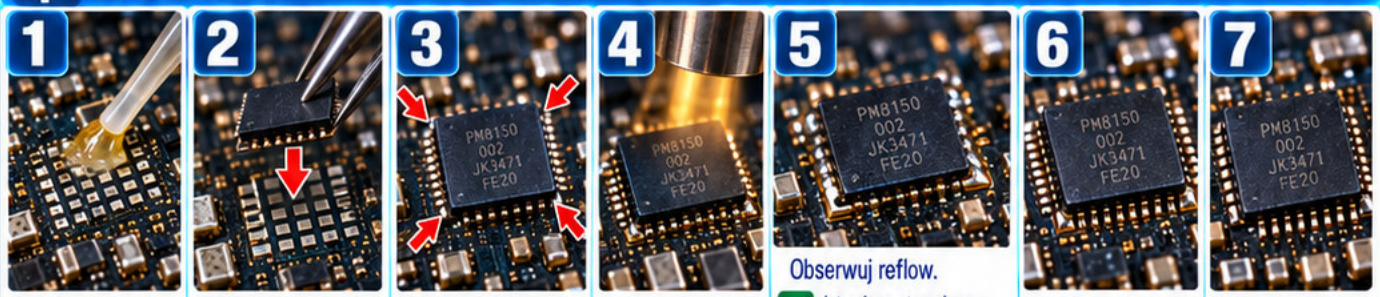
- topnik
- właściwa ilość lutu/pasty zależnie od procedury
- środki czyszczące

PRZYGOTUJ



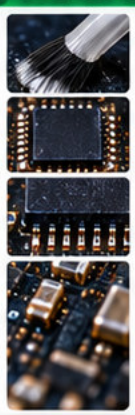
- ✓ pady równe;
- ✓ komponent właściwy;
- ✓ orientacja pin 1 potwierdzona;
- ✓ ilość materiału kontrolowana.

WYKONAJ



1. Nałóż topnik.
2. Ustaw układ nad footprintem.
3. Sprawdź cztery narożniki.
4. Rozpocznij równomierne ogrzewanie.
5. Obserwuj reflow.
   - ✓ lut osiąga stan płynny;
   - ✓ komponent może minimalnie się skorygować;
   - ✓ nie popychaj go bez potrzeby.
6. Zakończ grzanie po prawidłowym osadzeniu.
7. Nie poruszaj układem podczas stygnięcia.

ZAKOŃCZ



- ✓ wyczyść, kiedy konstrukcja na to pozwala;
- ✓ sprawdź centrowanie;
- ✓ sprawdź boki;
- ✓ sprawdź otoczenie.

PUNKTY UWAGI



- ! pin 1;
- ! nadmiar pasty/lutu;
- ! pływanie komponentu;
- ! nierównomierne ogrzewanie;
- ! przesunięcie po zdjęciu hot air.

PORÓWNANIE W PRAKTYCE

✗ BŁĘDNIE



ustawianie komponentu dopiero, gdy lut jest całkowicie płynny

✓ WZORZEC



prawidłowa pozycja przed reflow + drobna naturalna korekta podczas rozpływu

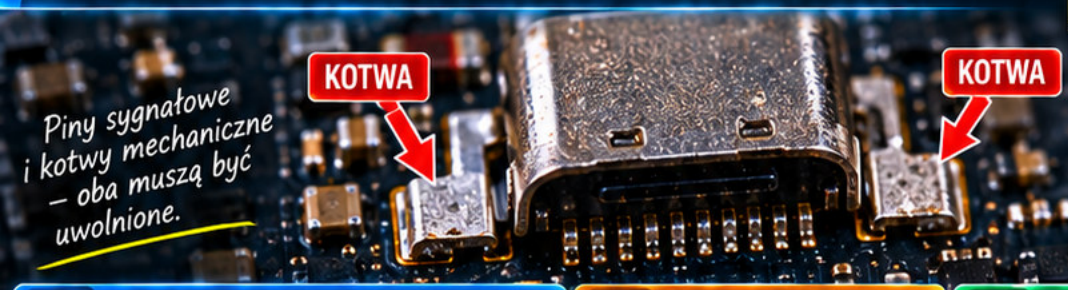
Reflow ma utrwalić prawidłową pozycję, nie tworzyć jej od zera.

WYKONAJ 09 – Demontaż złącza

Uwolnij zarówno piny sygnałowe, jak i kotwy mechaniczne.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Piny sygnałowe i kotwy mechaniczne – oba muszą być uwolnione.

Najpierw uwolnij wszystkie punkty mocowania, potem podnieś!

NARZĘDZIA



mikroskop | hot air | lutownica, kiedy potrzebna | pęseta lub odpowiedni chwyt

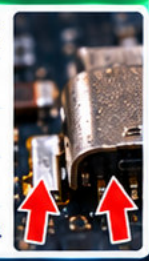
MATERIAŁY



topnik | świeży lut, gdy poprawia transfer | ochrona termiczna

PRZYGOTUJ

- [x] zidentyfikuj piny (sygnałowe);
- [x] znajdź kotwy mechaniczne;
- [x] sprawdź plastik złącza;
- [x] osłoń wrażliwe elementy;
- [x] zaplanuj kierunek podniesienia.



WYKONAJ



1. Nałóż topnik na piny i kotwy.
2. Jeśli potrzebne, popraw transfer ciepła świeżym lutem.
3. Ogrzewaj całą strefę mocowania.
4. Obserwuj piny i punkty mechaniczne.
5. Testuj ruch złącza minimalnie.
6. Jeżeli choć jedna kotwa nadal stawia opór — nie podnoś.
7. Gdy wszystkie połączenia są płynne — podnieś równomiernie.

ZAKOŃCZ



- [x] sprawdź pady pinów;
- [x] sprawdź duże pola kotew;
- [x] sprawdź plastikowe otoczenie;
- [x] wyrównaj powierzchnię przed montażem nowego złącza.

PUNKTY UWAGI



masywne kotwy wymagają więcej ciepła; | plastik może ulec uszkodzeniu — kontroluj temperaturę; | długie grzanie może uszkodzić płytę; | podważanie jednego boku prowadzi do uszkodzeń; | wyrwany pad mechaniczny jest trudny do naprawy.

BŁĘDNIE



ciągnięcie złącza, gdy jedna kotwa nadal trzyma.

WZORZEC



wszystkie punkty płynne → równomierne podniesienie.

Jeśli złącze nie odchodzi lekko, nadal istnieje aktywne połączenie.

WYKONAJ 10 — Montaż złącza

Najpierw geometria i pozycja mechaniczna, potem kompletne lutowanie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Precyzyjny montaż chroni przed uszkodzeniami i reklamacjami.

Dobrze ustawione złącze to pewne działanie na lata!

NARZĘDZIA



mikroskop



lutownica



hot air, jeśli procedura wymaga



pęseta / narzędzie do pozycjonowania

MATERIAŁY



topnik



lut



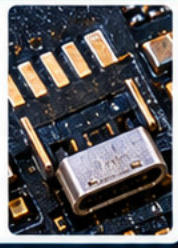
plecionka do korekty



środek czyszczący

PRZYGOTUJ

- ✓ pady sygnałowe równe;
- ✓ kotwy czyste;
- ✓ złącze nieuszkodzone;
- ✓ piny proste.



WYKONAJ

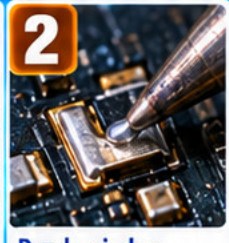
1



Ustaw złącze mechanicznie.

- ✓ obudowa równolegle do PCB;
- ✓ piny centralnie nad padami.

2



Przyłap jeden punkt mocujący.

3



Sprawdź pozycję wszystkich pinów.

4



Przyłap drugi punkt mocujący.

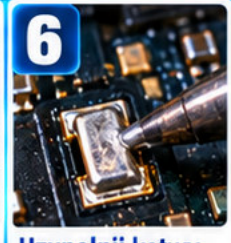
5



Przylutuj piny sygnałowe.

- ✓ minimalna ilość lutu;
- ✓ pin po pinie lub odpowiednią techniką.

6



Uzupełnij kotwy mechaniczne.

ZAKOŃCZ

- ✓  sprawdź każdy pin;
- ✓  sprawdź wysokość złącza;
- ✓  sprawdź stabilność mechaniczną;
- ✓  usuń topnik.

PUNKTY UWAGI



złącze przesunięte o ułamek milimetra;



pin znajdujący się poza padem;



nadmiar lutu w przestrzeni złącza;



plastik zdeformowany.

PORÓWNANIE W PRAKTYCE

✗ BŁĘDNIE



pełne przylutowanie kotew przed sprawdzeniem pinów.

✓ WZORZEC



lekka kotwa → pozycja → piny → pełne mocowanie.

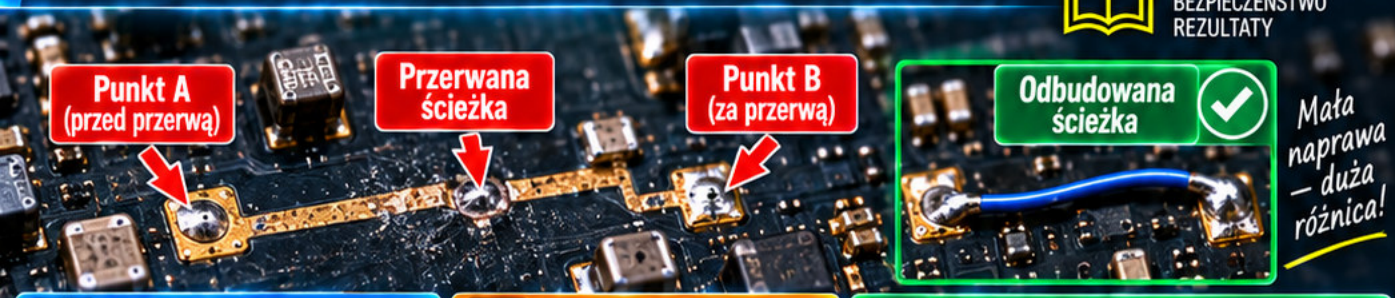
Złącze musi być prawidłowo ustawione zanim lut zapewni mu pełną stabilność.

WYKONAJ 11 — Odbudowa przerwanej ścieżki

Połącz zdrowy punkt przed uszkodzeniem ze zdrowym punktem za uszkodzeniem.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Mała naprawa — duża różnica!

NARZĘDZIA

- ☑  mikroskop;
- ☑  lutownica;
- ☑  precyzyjna pęseta;
- ☑  narzędzie do kontrolowanego odsłonięcia miedzi;
- ☑  multimetr.

MATERIAŁY

- ☑ 

topnik;
- ☑  cienki przewodnik (np. drut w emalii);
- ☑  lut;
- ☑  materiał do późniejszej stabilizacji (np. taśma kaptonowa), żywica UV).

PRZYGOTUJ

1. Potwierdź przerwę pomiarem. 

2. Znajdź zdrowy punkt **A**. 

3. Znajdź zdrowy punkt **B**. 

4. Ustal najkrótszą bezpieczną trasę. 

WYKONAJ

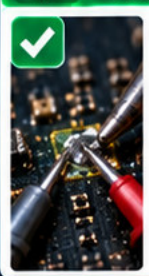
1.  Odsłoń minimalny fragment miedzi przy **A** i **B**.
2.  Wyczyść powierzchnię.
3.  Pocynuj oba punkty.
4.  Przygotuj przewód.
   - ☑ właściwa długość;
   - ☑ minimalnie odsłonięte końce.
5. 

Przylutuj do punktu **A**.
6.  Uformuj trasę.
7. 

Przylutuj do punktu **B**.
8. 

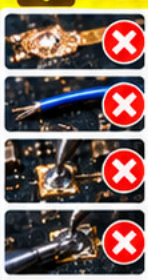
Sprawdź ciągłość.

ZAKOŃCZ



- ☑ sprawdź brak zwarcia do sąsiednich ścieżek;
- ☑ ustabilizuj przewód (np. klejem/żywicą);
- ☑ wykonaj pomiar ponownie po zabezpieczeniu.

PUNKTY UWAGI



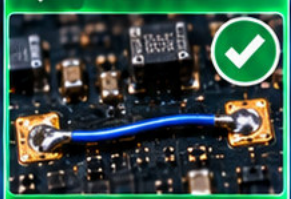
- ✗ za szeroko odsłonięta miedź;
- ✗ zbyt długi jumper;
- ✗ przegrzanie bardzo cienkiej ścieżki;
- ✗ mechaniczne napięcie przewodu.

BŁĘDNIE



przypadkowa trasa nad wieloma elementami.

WZORZEC



krótka trasa między dwoma potwierdzonymi punktami.

Najpierw potwierdź net, potem przylutuj przewód.

WYKONAJ 12 – Odbudowa wyrwanego pada

Odtwórz funkcję elektryczną, pozycję i stabiliność mechaniczną.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



NARZĘDZIA


mikroskop


lutownica


precyzyjna pęseta


narzędzie do przygotowania laminatu


multimetr

MATERIAŁY


materiał do odbudowy pada



topnik


lut


bardzo cienki przewodnik, jeśli potrzebny


materiał stabilizujący

PRZYGOTUJ

1. Ustal funkcję brakującego pada.
   - sygnał;
   - zasilanie;
   - masa;
   - mechaniczny punkt bez aktywnego netu.
2. Znajdź połączenie elektryczne.
   - ścieżka;
   - via;
   - inny punkt tego samego netu.
3. Oczyść obszar.
4. Usuń tylko luźne i uszkodzone fragmenty.

WYKONAJ

1 PAD WYRWANY



Pad wyrwany z laminatu.

2 PRZYGOTOWANY OBSZAR



Oczyszczony laminat.

Odsłonięty punkt połączenia (ścieżka/via).

3 NOWY PAD



Dopasuj nowy pad.
- rozmiar;
- pozycja;
- wysokość.

4 POŁĄCZENIE ZE ŚCIEŻKĄ



Połącz elektrycznie ze ścieżką lub przewodnikiem.

5 GOTOWA ODBUDOWA



Pad odbudowany, gotowy do montażu.

Stabilna i prawidłowa pozycja.

KONTROLA ELEKTRYCZNA



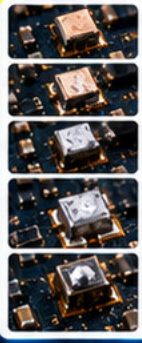
Sprawdź ciągłość z odpowiednim netem.



ZAKOŃCZ

- [x] pad stabilny
- [x] net prawidłowy
- [x] brak zwarć
- [x] powierzchnia aktywna dostępna
- [x] wysokość zgodna z sąsiednimi padami
- [x] można bezpiecznie zamontować komponent

PUNKTY UWAGI



- pad zbyt wysoki;
- pad przesunięty;
- połączenie do złego netu;
- za dużo materiału stabilizującego;
- naprawa porusza się podczas dotknięcia.

PORÓWNANIE W PRAKTYCE

BŁĘDNIE



przyklejony kawałek metalu bez potwierdzonej funkcji

WZORZEC



net → odbudowa geometrii → pomiar → stabilizacja → montaż

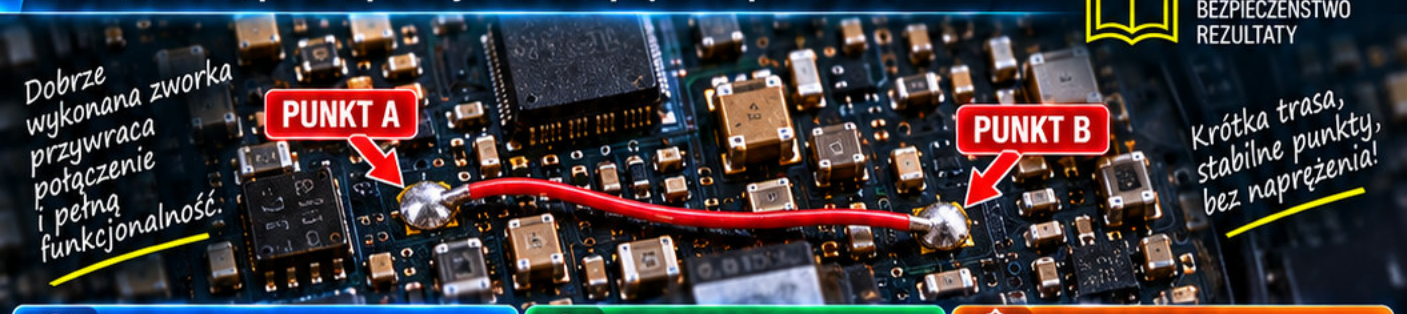
Odbudowany pad nie jest gotowy wtedy, gdy wygląda podobnie do oryginału. Jest gotowy wtedy, gdy ma właściwe połączenie, właściwą pozycję i pozostaje stabilny.

WYKONAJ 13 – Zworka punkt A → punkt B

Krótka trasa, pewne punkty i brak naprężenia przewodu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



NARZĘDZIA



mikroskop | lutownica | cienka pęseta | multimetr

MATERIAŁY

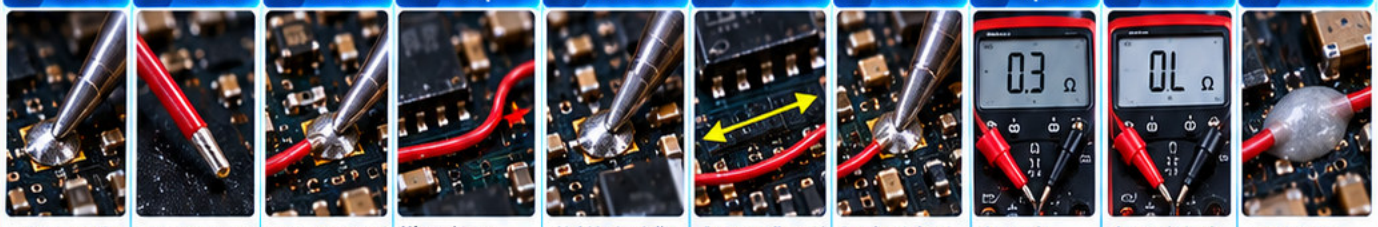


cienki izolowany przewód | topnik | lut | materiał do stabilizacji

PRZYGOTUJ

1. Potwierdź, że punkt A i punkt B należą do tego samego netu, który trzeba odtworzyć.
2. Sprawdź oba punkty pod mikroskopem.
3. Zaplanuj najkrótszą bezpieczną trasę.
4. Przygotuj przewód z minimalnie odsłoniętymi końcami.

WYKONAJ



1 POCYNUJ PUNKT A — Nałóż niewielką ilość cyny na punkt A.

2 POCYNUJ PRZEWÓD — Pocynuj pierwszy koniec przewodu z minimalnie odsłoniętą żyłą.

3 PRZYLUTUJ DO PUNKTU A — Przylutuj przewód do punktu A.

4 UFORMUJ TRASĘ — Uformuj trasę przy powierzchni PCB. — bez wysokich pętli, bez przechodzenia nad złączami, bez kolizji z osłoną.

5 POCYNUJ PUNKT B — Nałóż niewielką ilość cyny na punkt B.

6 DOPASUJ DŁUGOŚĆ — Dopasuj długość przewodu — bez naprężenia, bez nadmiaru.

7 PRZYLUTUJ DO PUNKTU B — Przylutuj drugi koniec przewodu do punktu B.

8 SPRAWDŹ CIĄGŁOŚĆ — Sprawdź ciągłość połączenia.

9 SPRAWDŹ BRAK ZWARCIA — Sprawdź brak zwarcia do sąsiednich punktów.

10 USTABILIZUJ PO POMIARZE — Dopiero po pomiarze ustabilizuj przewód.

ZAKOŃCZ

- ciągłość prawidłowa;
- brak zwarć;
- zworka nie jest napięta;
- przewód nie koliduje z komponentami;
- oba punkty lutownicze są stabilne.

PUNKTY UWAGI



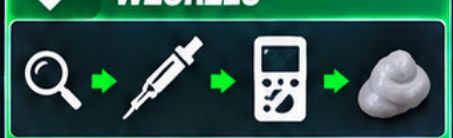
zbyt długi przewód | odsłonięta izolacja na dużym odcinku | przypadkowy kontakt z masą | lutowanie do punktu słabego mechanicznie

BŁĘDNIE



najpierw przyklejenie przewodu, potem sprawdzanie netu

WZORZEC



net → lutowanie → pomiar → stabilizacja

Zworkę sprawdza się przed jej zamknięciem i zabezpieczeniem.

WYKONAJ 14 — Korekta uniesionego pada

Jeżeli pad nadal istnieje, zachowaj go — ale nie lutuj na nim, dopóki nie jest stabilny.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

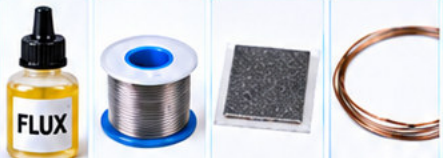


NARZĘDZIA



mikroskop | lutownica | precyzyjna pęseta | multimetr

MATERIAŁY



topnik | minimalna ilość lutu | materiał stabilizujący | ewentualny cienki przewodnik

PRZYGOTUJ

1. Przerwij wcześniejszą procedurę.
2. Pozwól obszarowi ostygnąć.
3. Wyczyść.
4. Sprawdź, czy pad nadal łączy się ze ścieżką.
5. Oceń, jak duża część została odklejona.

1 WYKONAJ — gdy pad nadal ma połączenie elektryczne



- Nie odrywaj go celowo.
- Ustaw go w naturalnej pozycji (zgodnie z oryginalnym ułożeniem).
- Ogranicz kolejne cykle cieplne.
- Ustabilizuj krawędź (np. minimalną ilością lutu lub materiałem stabilizującym), bez zakrywania powierzchni roboczej pada.

2 WYKONAJ — gdy połączenie ze ścieżką jest przerwane



- Traktuj naprawę jak częściową odbudowę pada.
- Wykonaj połączenie do właściwego netu (np. cienkim przewodnikiem lub odbudową z lutu).
- Upewnij się, że połączenie jest stabilne i ma właściwą wytrzymałość mechaniczną, a powierzchnia pada umożliwia późniejszy montaż komponentu.

3 ZAKOŃCZ

- Sprawdź ciągłość (multimetrem).
- Sprawdź, czy pad nie porusza się (przy lekkim dotyku pęsetą).
- Potwierdź pozycję względem sąsiednich pól.
- Dopiero potem planuj montaż komponentu.

PUNKTY UWAGI



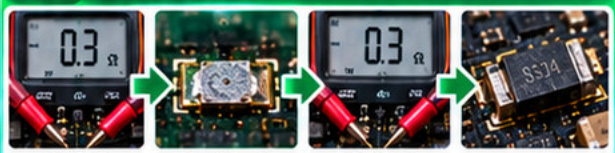
- Podgrzewanie pada tylko po to, by go „przykleić".
- Dociskanie pęsetą podczas grzania (uszkodzenie pada).
- Przypadkowe oderwanie ścieżki.
- Zbyt gruba warstwa materiału stabilizującego (utrata geometrii).

BŁĘDNIE



Lutowanie nowego komponentu na ruszającym się padzie.

WZORZEC



ocena ciągłości | stabilizacja | ponowna kontrola | montaż

Pad obecny, ale luźny, nadal jest uszkodzonym padem.

WYKONAJ 15 — Reballing BGA od początku do końca

Czysta powierzchnia → prawidłowy stencil → równe kulki → pełna inspekcja.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



NARZĘDZIA



mikroskop | lutownica | hot air | stencil | pęseta | narzędzie do pozycjonowania

MATERIAŁY



topnik | kulki lub material zgodny z metodą | plecionka | środek czyszczący

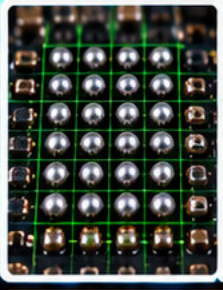
PRZYGOTUJ

- [x] 1. Wyrównaj stare połączenia na układzie.
- [x] 2. Wyczyść powierzchnię.
- [x] 3. Sprawdź kompletność pól.
- [x] 4. Dobierz właściwy stencil.
- [x] 5. Potwierdź średnicę materiału.

WYKONAJ — KROK PO KROKU



ZAKOŃCZ / INSPEKCJA



- [x] przeskanuj matrycę rząd po rzędzie;
- [x] narożnik po narożniku;
- [x] brakujące kulki;
- [x] mostki;
- [x] różna wysokość;
- [x] przesunięcia.

PUNKTY UWAGI



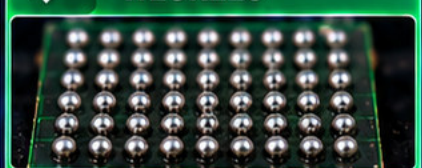
stencil przesunięty. | nadmiar materiału. | nierówne pola przed reballingiem. | poruszenie podczas rozpływu. | montaż bez pełnej kontroli kulek.

BŁĘDNIE



„większość kulek wygląda dobrze, więc montuję".

WZOREC



100% matrycy sprawdzone przed montażem.

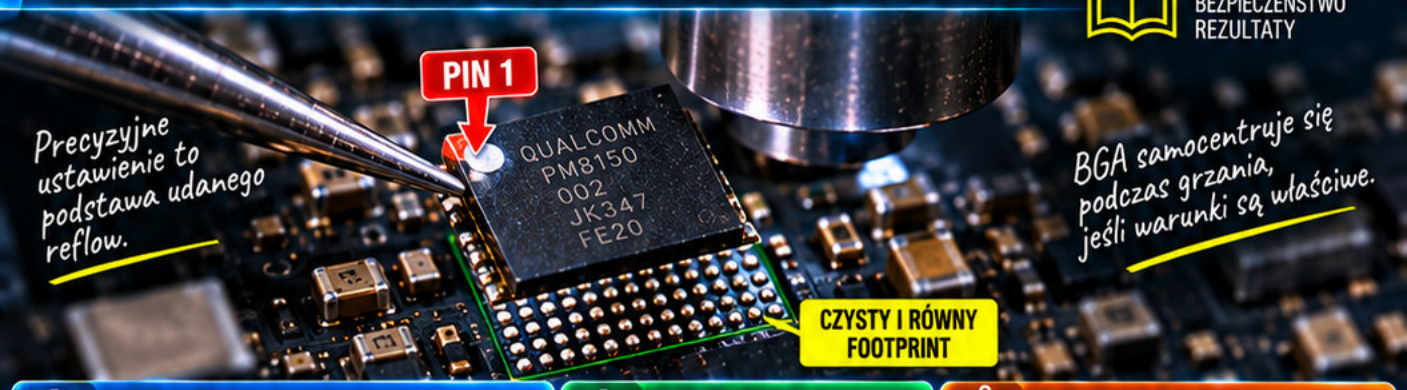
Reballing kończy się inspekcją, nie utworzeniem kulek.

WYKONAJ 16 – Montaż BGA po reballingu

Dokładne ustawienie przed grzaniem ogranicza ryzyko błędów ukrytych pod układem.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



NARZĘDZIA



mikroskop | hot air | pęseta | odpowiednia dysza

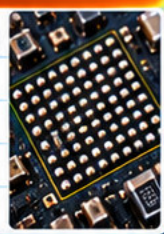
MATERIAŁY



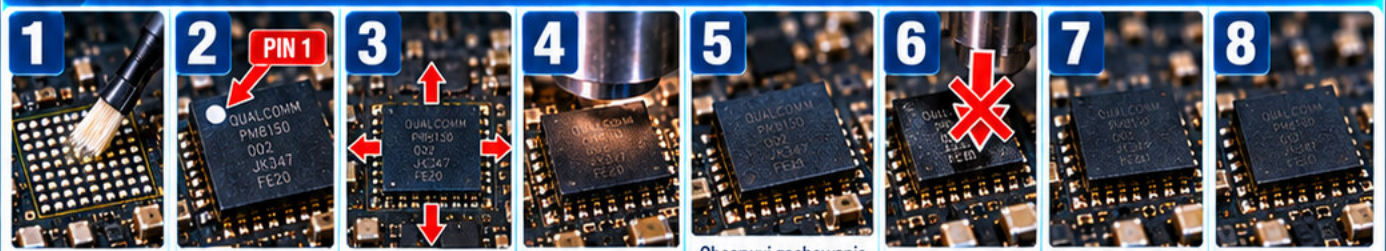
topnik | środki do czyszczenia | ochrona termiczna

PRZYGOTUJ

- [x] footprint PCB czysty i równy;
- [x] wszystkie pady obecne;
- [x] kulki BGA sprawdzone;
- [x] pin 1 potwierdzony;
- [x] otoczenie zabezpieczone.

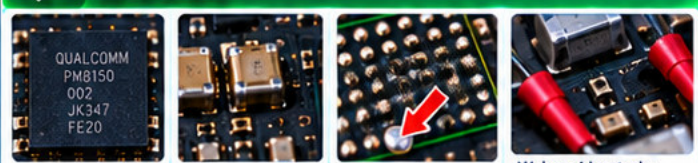


WYKONAJ



1. Nałóż cienką warstwę topnika na footprint.
2. Ustaw BGA zgodnie z pin 1.
3. Sprawdź margines ze wszystkich stron.
4. Rozpocznij równomierne grzanie.
5. Obserwuj zachowanie układu — subtelne osiadanie, delikatne samocentrowanie, brak gwałtownych ruchów.
6. Nie dociskaj układu.
7. Zakończ grzanie po uzyskaniu prawidłowego reflow.
8. Nie ruszaj podczas chłodzenia.

ZAKOŃCZ



Sprawdź pozycję. | Sprawdź otoczenie. | Poszukaj wypływających kulek. | Wykonaj kontrolę elektryczną lub funkcjonalną adekwatną do naprawy.

PUNKTY UWAGI



- zbyt dużo topnika;
- układ przesunięty przed reflow;
- nierównomierne nagrzewanie;
- poruszenie podczas chłodzenia.

BŁĘDNIE



ręczne dociśnięcie BGA podczas rozpływu.

WZORZEC



prawidłowa geometria kulek + właściwe ustawienie + swobodne osiadanie.

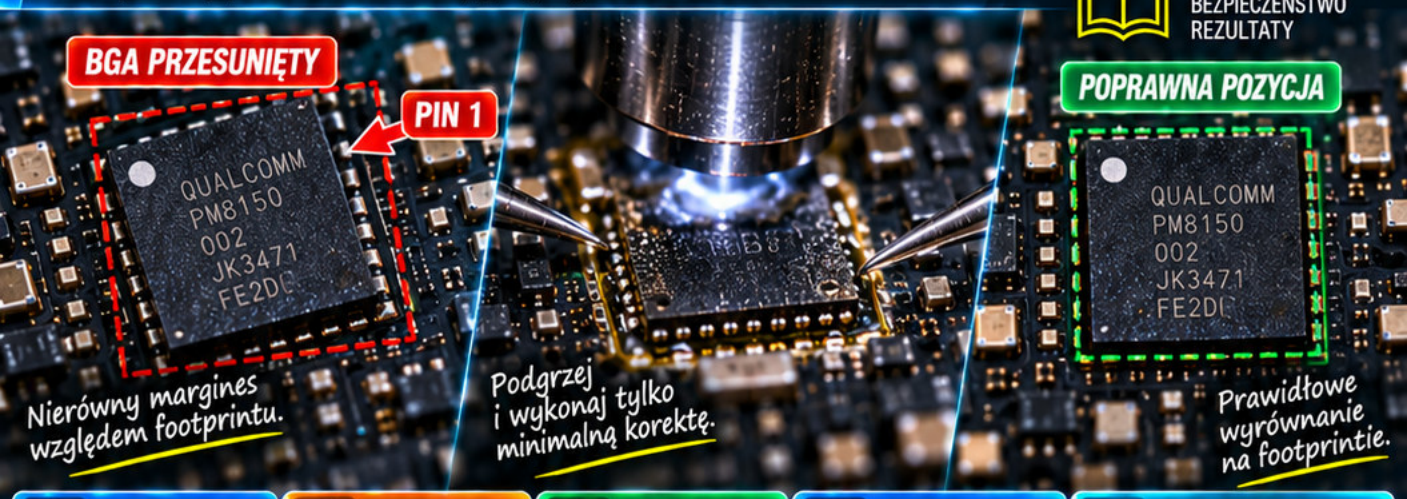
BGA ma osiąść na kulkach, nie zostać wciśnięty w footprint.

WYKONAJ 17 — BGA po reflow jest przesunięty

Nie próbuj przesuwać zastygniętego układu.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 SYTUACJA



Po zakończeniu procesu BGA ma nierówny margines, wydaje się obrócony lub przesunięty względem footprintu.

- nierówny odstęp;
- wygląda na obrócony;
- przesunięty względem oznaczeń PCB;
- możliwe problemy z połączeniami.

2 NARZĘDZIA


mikroskop


hot air


pęseta

3 MATERIAŁY



topnik



środki do czyszczenia

4 PRZYGOTUJ

1. Nie testuj urządzenia automatycznie.
2. Sprawdź orientację pin 1.
3. Oceń skalę przesunięcia.
4. Sprawdź, czy układ jest tylko wizualnie przesunięty, czy faktycznie poza footprintem.

5 WYKONAJ

Jeśli przesunięcie jest istotne — przygotuj obszar jak do ponownego reflow.

- Nałóż niewielką ilość topnika.
- Równomiernie doprowadź połączenia do rozpływu.
- Wykonaj tylko minimalną korektę.
- Pozwól napięciu powierzchniowemu wspierać pozycjonowanie.
- Jeżeli układ nie reaguje prawidłowo — nie zwiększaj siły; rozważ ponowny demontaż i pełną inspekcję kulek oraz padów.

6 ZAKOŃCZ

- Sprawdź cztery krawędzie.
- Sprawdź pin 1.
- Sprawdź wysokość układu.
- Sprawdź otoczenie (pozostałe elementy).

PUNKTY UWAGI

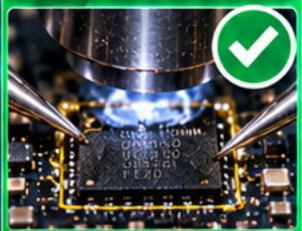

przesunięta matryca kulek | różna wysokość kulek | brakujące kulki


nadmiar topnika | nierówne pady PCB

BŁĘDNIE


przesunięcie chipu pęsetą po zastygnięciu.

WZORZEC


ponowne kontrolowane osiągnięcie reflow → delikatna korekta.

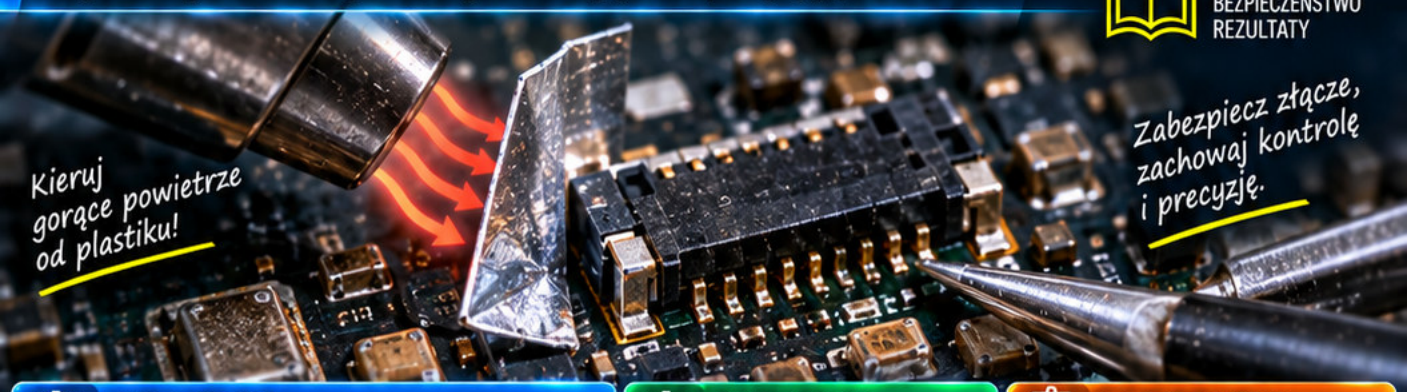
BGA koryguje się na płynnym lutowaniu, nigdy siłą na zimno.

WYKONAJ 18 — Lutowanie przy plastikowym złączu

Ogrzewaj metalowy cel, ograniczając ekspozycję plastiku.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



NARZĘDZIA



mikroskop



lutownica lub hot air zgodnie z geometrią



precyzyjna pęseta



odpowiednia dysza

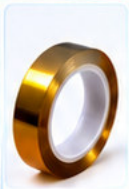
MATERIAŁY



topnik



lut



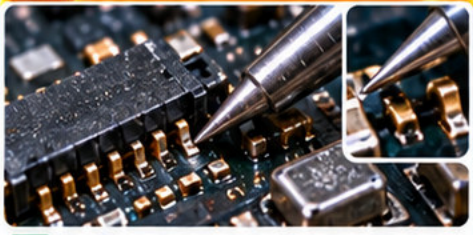
ochrona termiczna

PRZYGOTUJ

1. Oceń odległość od plastiku.
2. Sprawdź, czy lutownica może zastąpić hot air.
3. Zabezpiecz złącze.
4. Zaplanuj kierunek strumienia.
5. Ustaw minimalny skuteczny airflow.

WYKONAJ

A UŻYWASZ LUTOWNICY



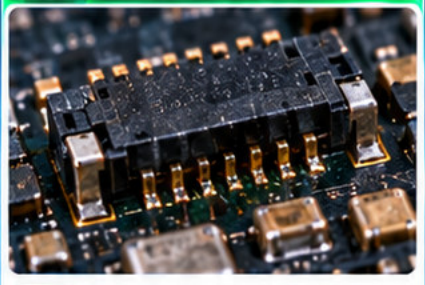
- Wybierz grot z dobrym transferem ciepła.
- Skróć kontakt do minimum.
- Nie opieraj grotu o plastik.

B UŻYWASZ HOT AIR



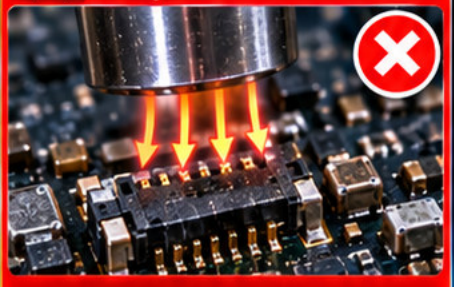
- Kieruj strumień od plastiku.
- Utrzymuj ruch, nie nagrzewaj punktowo.
- Obserwuj złącze pod mikroskopem.
- Ogranicz całkowity czas ekspozycji.

ZAKOŃCZ



- Sprawdź, czy plastik nie zmienił kształtu.
- Sprawdź pozycję pinów złącza.
- Sprawdź sąsiednie SMD.

BŁĘDNIE



silny strumień prosto na złącze

WZORZEC



ekranowanie + właściwy kąt + krótki skuteczny proces

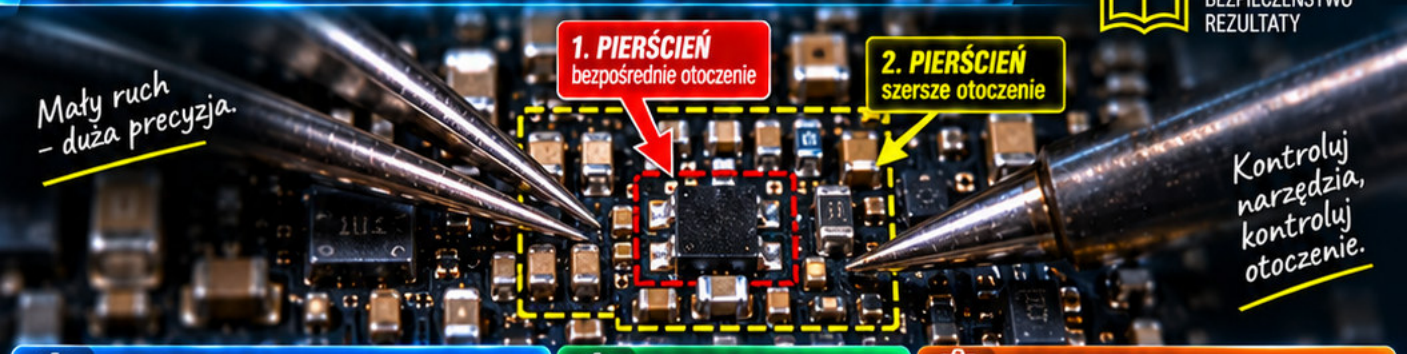
Przy plastiku kontroluj nie tylko temperaturę, ale również kierunek ciepła.

WYKONAJ 19 — Praca w bardzo gęstym obszarze PCB

Zmniejsz zakres ruchu, nie jakość kontroli.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



NARZĘDZIA



- mikroskop
- mały lub średni grot dopasowany do zadania
- cienka pęseta
- hot air tylko jeśli jest pod pełną kontrolą

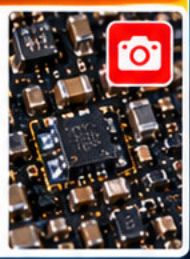
MATERIAŁY



- minimalna ilość topnika
- minimalna ilość lutu
- ochrona termiczna, jeśli potrzebna

PRZYGOTUJ

- [x] wykonaj zdjęcie;
- [x] zidentyfikuj wszystkie SMD w bezpośrednim otoczeniu;
- [x] zaplanuj kierunek grotu;
- [x] zaplanuj kierunek pęsety;
- [x] sprawdź miejsce na usunięcie komponentu.



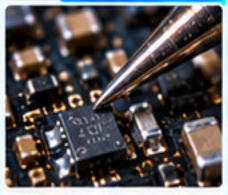
WYKONAJ

1 Pracuj w małym polu widzenia.



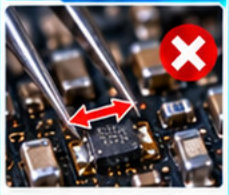
- [x] zwiększ powiększenie;
- [x] skup się na małym obszarze;
- [x] kontroluj ostrość.

2 Utrzymuj narzędzia nisko i stabilnie.



- [x] pracuj blisko PCB;
- [x] podeprzyj ręce;
- [x] unikaj drgań i gwałtownych ruchów.

3 Nie wykonuj szerokich ruchów pęsetą.



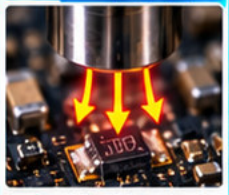
- [x] stosuj małe ruchy;
- [x] podnoś pionowo;
- [x] nie przesuwaj pęsety po sąsiednich elementach.

4 Ogranicz topnik do miejsca pracy.



- [x] używaj minimalnej ilości topnika;
- [x] nie zalewaj okolicy;
- [x] oczyść nadmiar po zakończeniu.

5 Jeśli hot air przesuwa elementy – zmniejsz przepływ.



- [x] użyj mniejszego przepływu powietrza;
- [x] zwiększ odległość;
- [x] lub wybierz inną metodę (np. grot).

6 Po każdej większej czynności porównaj otoczenie ze zdjęciem.



- [x] sprawdź wszystkie elementy wokół;
- [x] porównaj z wcześniej wykonanym zdjęciem;
- [x] upewnij się, że nic nie zostało uszkodzone.

ZAKOŃCZ

- [x] sprawdź cel;
- [x] sprawdź pierwszy pierścień elementów wokół niego;
- [x] sprawdź drugi pierścień;
- [x] usuń luźne kulki lutu.



PUNKTY UWAGI



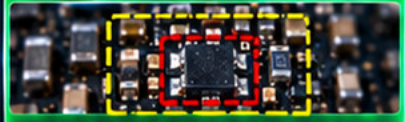
- nieumyślne zahaczenie grotem.
- pęseta oparta o kondensator.
- airflow poruszający elementy.
- zgubiony mały SMD.

BŁĘDNIE



skupienie wyłącznie na komponencie docelowym.

WZORZEC



cel + otoczenie traktowane jako jeden obszar roboczy.

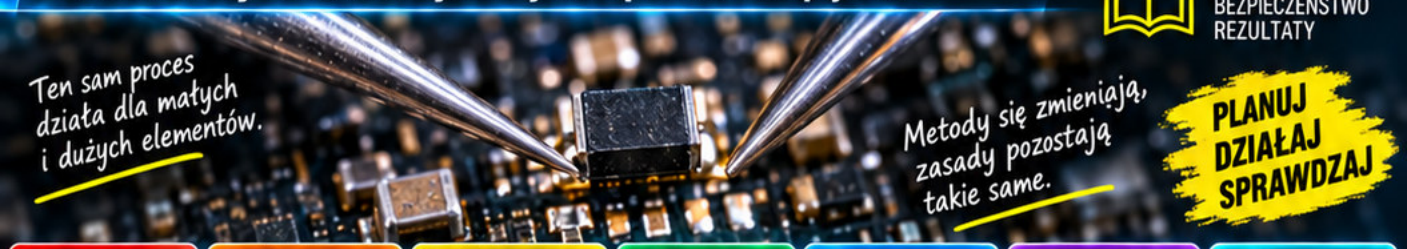
W gęstym obszarze naprawiasz jeden element, ale chronisz wszystkie wokół.

WYKONAJ 20 — Usuń → przygotuj → zamontuj

Uniwersalny schemat wymiany komponentu na płycie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



Ten sam proces działa dla małych i dużych elementów.

Metody się zmieniają, zasady pozostają takie same.

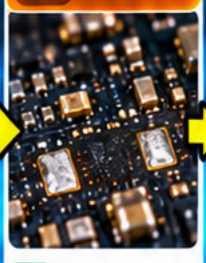
PLANUJ DZIAŁAJ SPRAWDZAJ

1 USUŃ



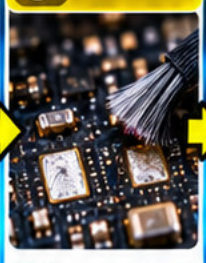
- [x] 1 Potwierdź orientację.
- [x] 2 Zabezpiecz otoczenie.
- [x] 3 Nałóż topnik.
- [x] 4 Doprowadź wszystkie połączenia do rozpływu.
- [x] 5 Usuń bez siły.

2 OCEŃ



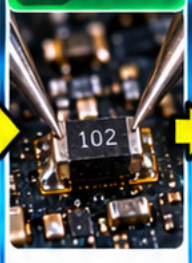
- [x] 1 Sprawdź pady.
- [x] 2 Szukaj uniesionych pól.
- [x] 3 Sprawdź ścieżki.
- [x] 4 Sprawdź sąsiednie elementy.

3 PRZYGOTUJ



- [x] 1 Wyrównaj lut.
- [x] 2 Wyczyść.
- [x] 3 Potwierdź kompletność footprintu.
- [x] 4 Przygotuj nowy komponent.

4 USTAW



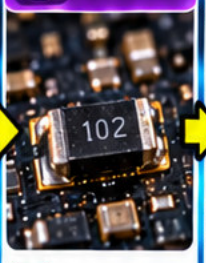
- [x] 1 Pin 1 / polaryzacja.
- [x] 2 Centrowanie.
- [x] 3 Pierwszy punkt kotwiczący.
- [x] 4 Ponowna kontrola.

5 ZAMONTUJ



- [x] 1 Lutuj kontrolowanie.
- [x] 2 Użyj minimalnej ilości materiału.
- [x] 3 Nie przegrzewaj.

6 SPRAWDŹ



- [x] 1 Pozycja.
- [x] 2 Zwilżenie.
- [x] 3 Mostki.
- [x] 4 Pady.
- [x] 5 Otoczenie.

7 TESTUJ



gdy ma to zastosowanie:

- [x] 1 Ciągłość.
- [x] 2 Brak niepożądanego zwarcia.
- [x] 3 Funkcja naprawianego obwodu.

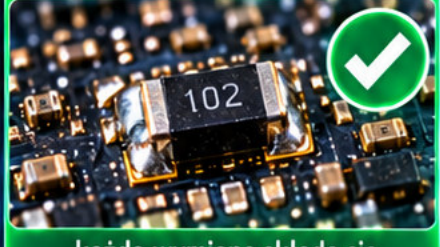
DIAGNOZA → DEMONTAŻ → INSPEKCJA → PRZYGOTOWANIE → MONTAŻ → CZYSZCZENIE → KONTROLA

✗ BŁĘDNIE



traktowanie wymiany jako «zdejmij i wstaw nowy».

✓ WZORZEC



każda wymiana składa się z kilku kontrolowanych etapów.

Najwięcej błędów powstaje między demontażem a montażem — w etapach, które łatwo pominąć.

DODATKOWE WSKAZÓWKI

- [x] Zawsze rób zdjęcia przed rozpoczęciem.
- [x] Używaj odpowiednich narzędzi i temperatur.
- [x] Nie pomijaj kontroli wizualnej po każdym etapie.
- [x] W razie wątpliwości porównaj z identycznym egzemplarzem.

PAMIĘTAJ

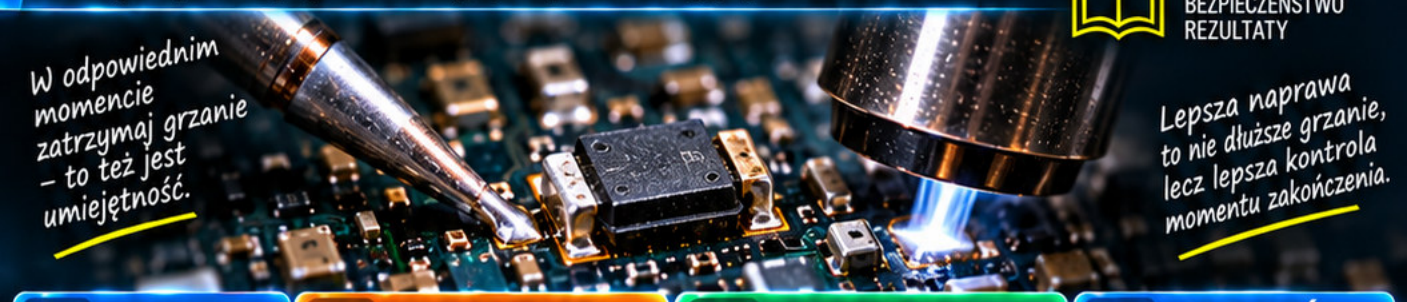
- [x] Dokładność ważniejsza niż pośpiech.
- [x] Czysta płyta ułatwia diagnozę.
- [x] Mały komponent wymaga małej siły.
- [x] Sprawdzenie po montażu to standard, nie opcja.

ZAKOŃCZ 01 — Kiedy i jak zakończyć grzanie?

Nie grzej dłużej tylko dlatego, że proces wygląda dobrze.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

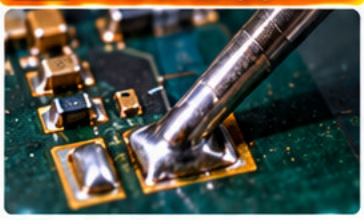
TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 CEL

Zakończyć doprowadzanie ciepła **natychmiast, gdy osiągnięto wymagany stan procesu.**

2 DLA LUTOWNICY — Zakończ, gdy:

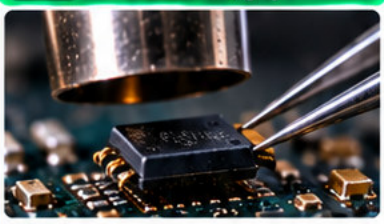


- lut prawidłowo zwilżył powierzchnie;
- spoina osiągnęła właściwy kształt;
- nie potrzeba więcej materiału.

ZA WCZEŚNIE	WŁAŚCIWY MOMENT



3 DLA HOT AIR — Zakończ, gdy:



- komponent został uwolniony;
- BGA osiągnął reflow;
- element osiadł prawidłowo;
- dalsze grzanie nie daje korzyści.

JESZCZE NIE	WŁAŚCIWY MOMENT



4 CO ZROBIĆ NATYCHMIAST

- odsuń źródło ciepła;
- nie poruszaj spoiną;
- nie dmuchaj gwałtownie w obszar;
- pozwól naturalnie ustabilizować temperaturę.

5 SYGNAŁY, ŻE GRZEJESZ ZA DŁUGO



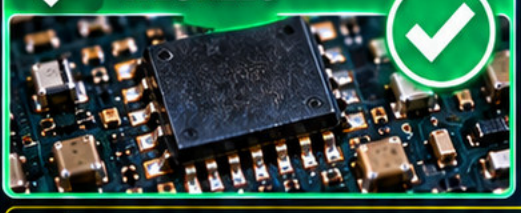
topnik mocno ciemnieje;	soldermask zmienia wygląd;	plastik mięknie;	sąsiednie komponenty zaczynają się poruszać.

6 TYPOWE BŁĘDY



✗ „jeszcze kilka sekund dla pewności”.	✗ utrzymywanie grotu po pełnym rozpływie.	✗ dalsze hot air po zdjęciu komponentu.

WZORZEC



Kiedy cel termiczny został osiągnięty, dodatkowe ciepło staje się tylko dodatkowym ryzykiem.

Dobra naprawa kończy się w odpowiednim momencie, a nie wtedy, gdy jesteś zmęczony.

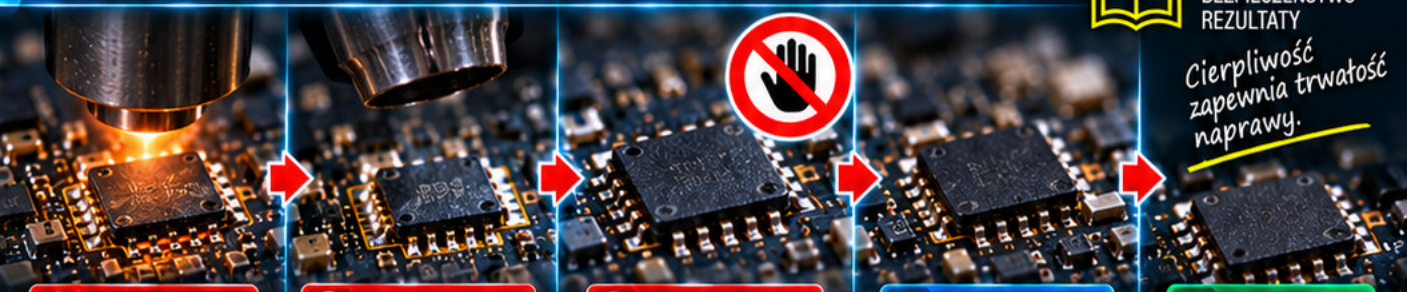
ZAKOŃCZ 02 — Pozwól spoinie zastygnąć bez ruchu

Po zdjęciu ciepła połączenie nadal przez chwilę jest podatne na przesunięcie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY

Cierpliwość zapewnia trwałość naprawy.



1 PODGRZEWANIE
Element i lut osiągają temperaturę reflow.

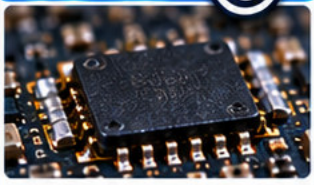
2 ZDJĘCIE CIEPŁA
Odsuń źródło ciepła.

3 NIE DOTYKAJ
Pozwól spoinie zastygnąć bez ruchu.

4 STABILIZACJA
Lut twardnieje. Połączenie się stabilizuje.

5 GOTOWE
Możesz kontynuować inspekcję.

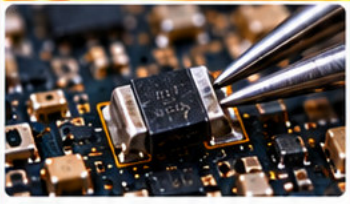
1 CEL



Zapobiec:

- krzywemu osadzeniu;
- przesunięciu;
- niestabilnej spoinie;
- uszkodzeniu geometrii BGA/SMD podczas chłodzenia.

2 PO LUTOWANIU SMD



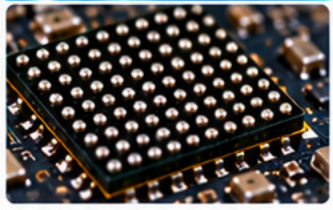
- nie puszczaj elementu zbyt wcześnie, jeśli był pozycjonowany pęsetą;
- jednocześnie nie dociskaj go podczas krzepnięcia;
- utrzymaj tylko niezbędną stabilność.

3 PO HOT AIR



- nie potrząsaj uchwytem;
- nie przesuwaj PCB;
- nie dmuchaj chłodnym powietrzem bez potrzeby;
- nie wykonuj natychmiast kolejnej operacji obok.

4 PO BGA



- nie naciskaj chipu;
- nie wykonuj testu ruchu;
- pozwól kulkom zastygnąć w naturalnej pozycji.

5 SKĄD WIEDZIEĆ, ŻE MOŻNA KONTYNUOWAĆ?

- lut przestał być płynny;
- komponent jest stabilny;
- obszar nie reaguje na minimalne ruchy płyty;
- temperatura spadła do poziomu umożliwiającego bezpieczną dalszą inspekcję.

PUNKTY UWAGI



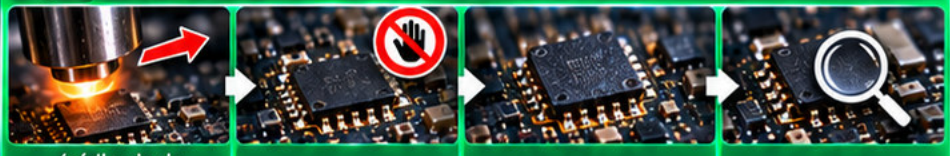
- pośpiech;
- przesunięcie płyty zaraz po reflow;
- próba czyszczenia jeszcze gorącej spoiny;
- poprawianie pozycji już podczas krzepnięcia.

BŁĘDNIE



natychmiastowe przesunięcie PCB po zdjęciu hot air.

WZORZEC



źródło ciepła odsunięte → brak ruchu → stabilizacja → inspekcja

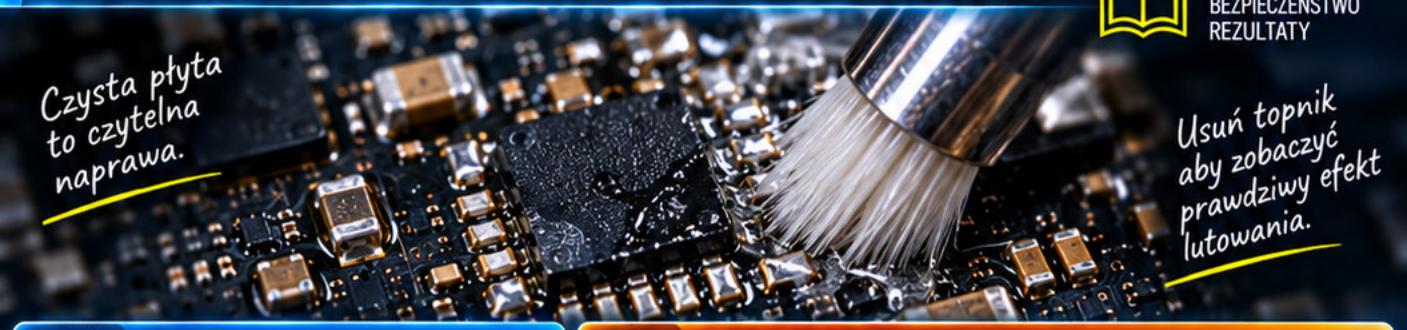
Po zakończeniu grzania nie kończy się kontrola — zaczyna się kontrolowane chłodzenie.

ZAKOŃCZ 03 – Czyszczenie po lutowaniu

Czysta powierzchnia pozwala zobaczyć to, czego topnik może ukrywać.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



CEL

Usunąć pozostałości procesu i przygotować obszar do końcowej oceny.

PRZYGOTUJ



poczekaj, aż obszar przestanie być krytycznie gorący;



przygotuj odpowiedni środek czyszczący;



użyj delikatnego narzędzia do czyszczenia.

WYKONAJ

1. Nałóż niewielką ilość środka czyszczącego.



2. Usuń pozostałości topnika — delikatnymi ruchami, bez nacisku na małe SMD.



3. Usuń luźne resztki — włókna, kulki lutu, fragmenty plecionki.



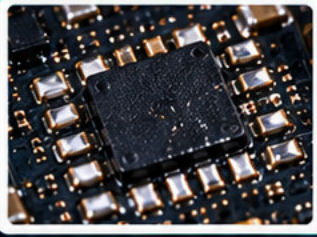
4. Wysusz obszar.



5. Ponownie obejrzyj pod mikroskopem.



SPRAWDŹ PO CZYSZCZENIU



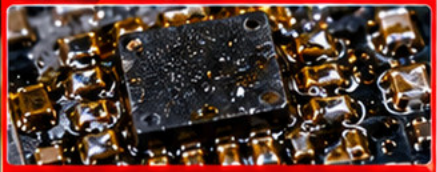
- mostki;
- kształt spoin;
- pozycję komponentu;
- uszkodzenia padów;
- stan soldermask.

PUNKTY UWAGI

- nie czyścić agresywnie;
- nie przesuwać świeżo przylutowanych SMD;
- nie pozostawiać włókien;
- nie uznawać brudnej powierzchni za wystarczająco sprawdzoną.

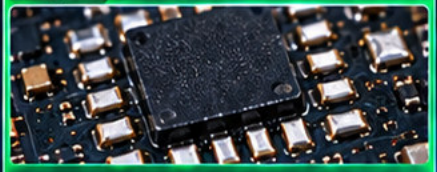


BŁĘDNIE



inspekcja przez warstwę ciemnego topnika

WZORZEC



chłodzenie → czyszczenie → suszenie → inspekcja

Najpierw odsłoń wynik naprawy, potem go oceń.

ZAKOŃCZ 04 – Sprawdź orientację jeszcze raz

Po montażu potwierdź to, co sprawdzałeś przed montażem.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

POPRAWNA ORIENTACJA



- prawidłowa orientacja
- zgodność ze zdjęciem referencyjnym
- gotowy do pracy

PRZED I PO MONTAŻU

Ta sama orientacja po montażu, co przed montażem.

BŁĘDNA ORIENTACJA



- obrót o 180°
- nieprawidłowa polaryzacja
- może spowodować uszkodzenie



UWAGA!

Zawsze sprawdź pin 1 przed podaniem zasilania!

1 CEL

Wykluczyć: obrót 90°; obrót 180°; odwróconą polaryzację; przesunięcie o jeden rząd/pin.

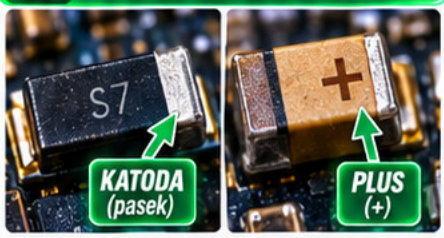
2 PIN 1



- znak na układzie;
- znak na PCB;
- zgodność ze zdjęciem referencyjnym.



3 POLARYZACJA



- diody;
- kondensatory spolaryzowane;
- inne oznaczone elementy.

4 MECHANICZNE USTAWIENIE



- komponent równolegle do footprintu;
- prawidłowy margines;
- brak obrotu.

5 METODA

1 Obejrzyj z góry.



2 Porównaj ze zdjęciem „przed".



3 Sprawdź symbol orientacji.



4 Potwierdź, zanim podłączysz zasilanie.



6 TYPOWE BŁĘDY

- zakładanie, że skoro piny pasują, orientacja jest poprawna;
- pomijanie zdjęcia referencyjnego;
- test funkcjonalny przed kontrolą pin 1.



7 WZORZEC



Orientacja jest częścią kontroli końcowej, nie tylko przygotowania.

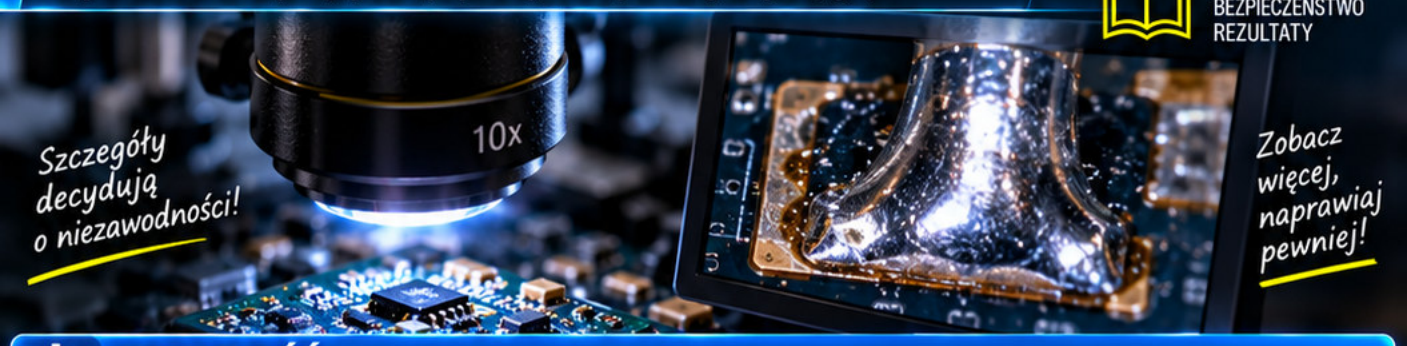
Mała kropka – duże znaczenie. Sprawdź, zanim włączysz zasilanie.

ZAKOŃCZ 05 – Inspekcja spoin pod mikroskopem

Sprawdź każdą krytyczną spoinę, nie tylko ogólny wygląd.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



KOLEJNOŚĆ

1 ZWILŻENIE
– czy lut łączy obie powierzchnie?

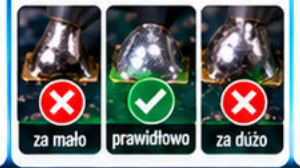


- lut rozpływa się na padzie i terminalu;
- brak suchych miejsc;
- gładkie przejście między powierzchniami.

2 ILOŚĆ LUTU
– za mało? za dużo? prawidłowo?



- wystarczająca ilość lutu do mocnego połączenia;
- brak nadmiaru tworzącego kulki;
- prawidłowy kształt menisku.



3 MOSTKI
– widoczne; subtelne; ukryte pod pozostałościami.

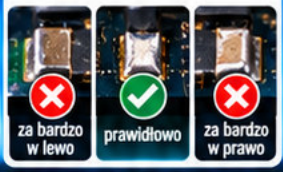


- sprawdź mostki widoczne gołym okiem;
- szukaj subtelnych połączeń;
- oczyść i sprawdź pod kątem pozostałości (topnika, kurzu).

4 POZYCJA TERMINALU
– na środku pada; nie pomiędzy dwoma polami.



- terminal na środku pada;
- nie przesunięty na bok;
- nie łączy dwóch sąsiednich pól.



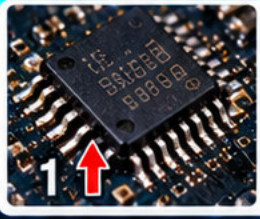
5 PAD
– obecny; nieuniesiony; nieporuszający się.



- pad obecny i kompletny;
- nieuniesiony od laminatu;
- nie porusza się podczas dotykania narzędziem;
- brak pęknięć wokół pada.



DLA UKŁADÓW WIELOPINOWCH



- zacznij od pinu 1;
- idź pin po pinie;
- sprawdź narożniki osobno.

DLA MAŁYCH SMD



- oba końce;
- płaskie osadzenie;
- brak tombstoningu.

PUNKTY UWAGI



- refleks światła może ukrywać problem;
- zmieniaj kąt;
- nie oceniaj tylko połysku.

BŁĘDNIE



szybkie spojrzenie na cały układ

WZORZEC



systematyczna kontrola punkt po punkcie

Inspekcja ma być procesem, nie spojrzeniem.

ZAKOŃCZ 06 – Sprawdź otoczenie naprawy

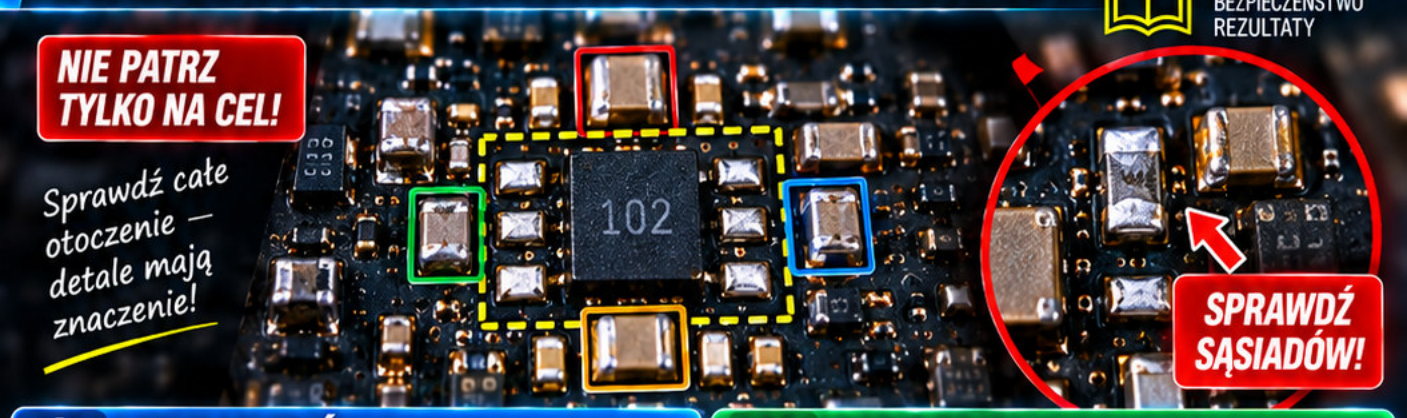
Naprawiony komponent może wyglądać idealnie, a sąsiedni SMD może być przesunięty.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

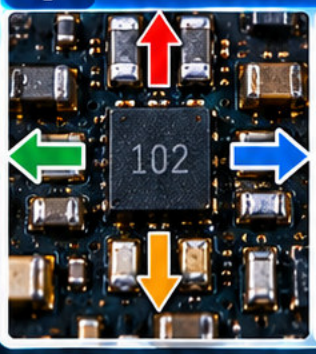
TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

NIE PATRZ TYLKO NA CEL!

Sprawdź całe otoczenie — detale mają znaczenie!

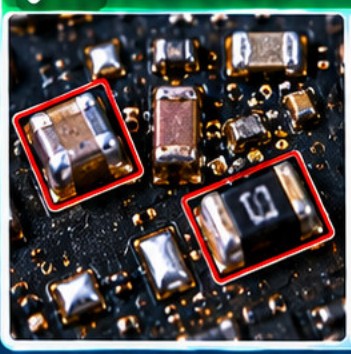


SPRAWDŹ



- element po lewej;
- element po prawej;
- element nad celem;
- element pod celem;
- pierwszy pierścień komponentów;
- drugi pierścień, jeśli używano hot air.

SZUKAJ



- przesunięcia;
- obrotu;
- pustego pada;
- luźnej kulki lutu;
- nadmiaru topnika;
- uszkodzonej soldermask;
- śladów przegrzania.

METODA PORÓWNAWCZA

PRZED
zdjęcie referencyjne



PO
aktualny obraz pod mikroskopem



Porównaj:

- liczbę elementów;
- kierunek;
- położenie;
- geometrię.

TYPOWE BŁĘDY



skupienie tylko na komponencie docelowym.

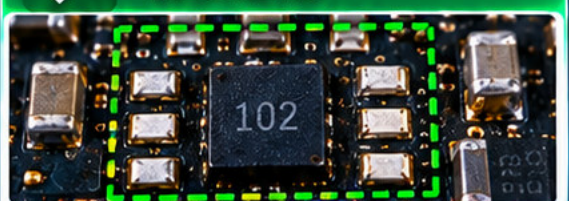


brak porównania ze zdjęciem.



pominięcie elementów po przeciwnej stronie strefy hot air.

WZORZEC



Po naprawie sprawdź nie tylko cel, ale także obszar, który otrzymał ciepło.

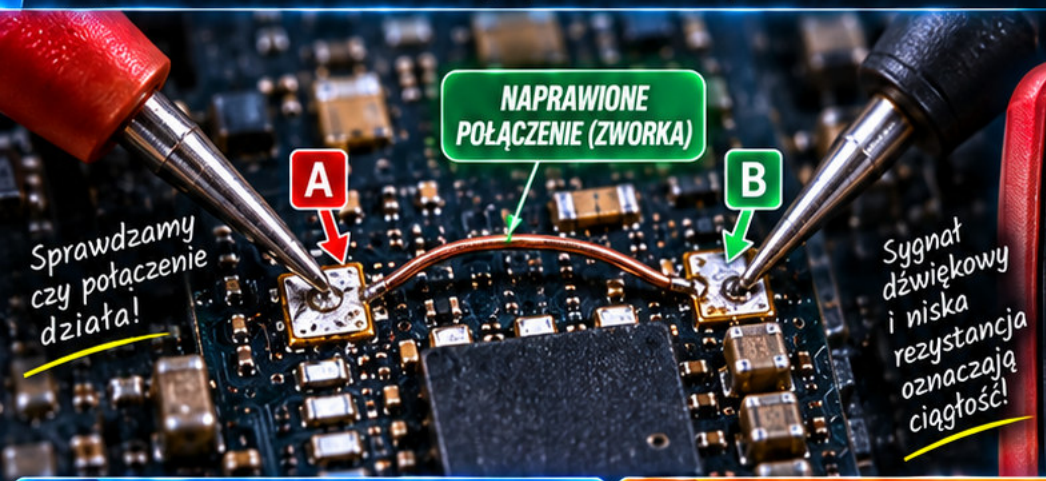
Dokładna kontrola otoczenia zapobiega kolejnym naprawom.

ZAKOŃCZ 07 — Sprawdź ciągłość połączenia

Naprawa strukturalna musi być potwierdzona pomiarem.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY





KIEDY SZCZEGÓLNIE

- po zworkach;
- po odbudowie ścieżki;
- po odbudowie pada;
- po naprawie przerwanego połączenia.



PRZYGOTUJ

- odłącz zasilanie, jeśli wymagane;
- wybierz właściwy tryb multimetru;
- zidentyfikuj punkty A i B.



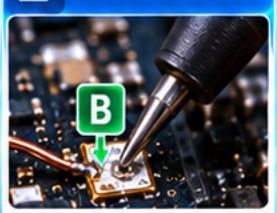
WYKONAJ

1 Sonda 1 → punkt A.



Przyłóż pierwszą sondę multimetru do punktu A.

2 Sonda 2 → punkt B.



Przyłóż drugą sondę multimetru do punktu B.

3 Potwierdź oczekiwane połączenie.



Oczekuj sygnału dźwiękowego i niskiej rezystancji (zwykle < 1 Ω).

4 Sprawdź kilka razy przy nieruchomej zworkie.



Powtórz pomiar kilkukrotnie, upewniając się, że wynik jest stabilny.

5 Delikatnie porusz PCB, nie przewodem.



Delikatnie porusz płytą, nie przewodem, i obserwuj, czy wynik pozostaje stabilny.

DODATKOWO



Sąsiednie elementy nie powinny mieć ciągłości!

- Sprawdź: punkt A → sąsiedni net;
- Sprawdź: punkt B → sąsiedni net;
- brak przypadkowego zwarcia.

TYPOWE BŁĘDY



- test tylko ciągłości, bez sprawdzenia zwarć;
- dotykanie sondami kilku punktów naraz;
- test przed wyczyszczeniem luźnych kulek lutu.

WZORZEC



Potwierdź to, co miało się połączyć — i to, co nadal powinno pozostać odseparowane.

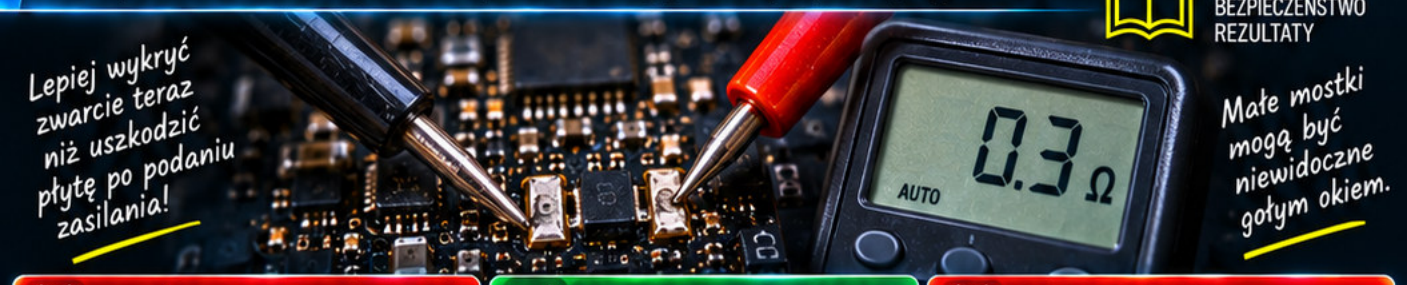
Pomiary to koniec naprawy — bez nich nie ma pewności, że działa.

ZAKOŃCZ 08 — Sprawdź, czy nie powstało niepożądane zwarcie

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY

Przed podaniem zasilania sprawdź miejsca, które mogły zostać połączone przypadkowo.



Lepiej wykryć zwarcie teraz niż uszkodzić płytę po podaniu zasilania!

Małe mostki mogą być niewidoczne gołym okiem.

✗ NIEPOŻĄDANY MOSTEK (ZWARCIE)



Mostek lutowniczy łączy dwa pola — ryzyko zwarcia!



Kulka lutu może spowodować zwarcie!

✓ PRAWIDŁOWE LUTOWANIE



Prawidłowa spoina — jedno pole, bez połączeń z sąsiednimi.



Czysto, bez mostków — poprawne lutowanie.

✗ UKRYTE RYZYKO



Mostek pod komponentem — trudny do zauważenia!



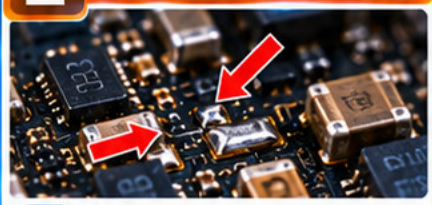
Cienki włókien lutu także może powodować zwarcie!

1 SZCZEGÓLNIE PO



- ☑ BGA;
- ☑ wielopinowym IC;
- ☑ zworkach;
- ☑ odbudowie padów;
- ☑ naprawach w gęstym obszarze.

2 SPRAWDŹ WIZUALNIE



- ☑ mostki;
- ☑ kulki lutu;
- ☑ odsłonięty przewód;
- ☑ przesunięty komponent;
- ☑ zworkę dotykającą innego pola.

3 SPRAWDŹ POMIAREM



- ☑ podejrzane linie;
- ☑ punkty zworki;
- ☑ pola zasilające;
- ☑ obszary naprawione mechanicznie.

⚠ WAŻNE

„Niska rezystancja nie zawsze oznacza awarię."

- ☑ wartość trzeba interpretować względem obwodu;
- ☑ względem dokumentacji;
- ☑ względem podobnej, sprawnej linii, gdy ma to sens.

✗ TYPOWE BŁĘDY



- ✗ „piszczy = zwarcie" bez analizy;
- ✗ podłączenie zasilania jako pierwszy test;
- ✗ pominięcie wizualnej inspekcji.

✓ WZORZEC



Najpierw oględziny i pomiar, potem zasilanie.

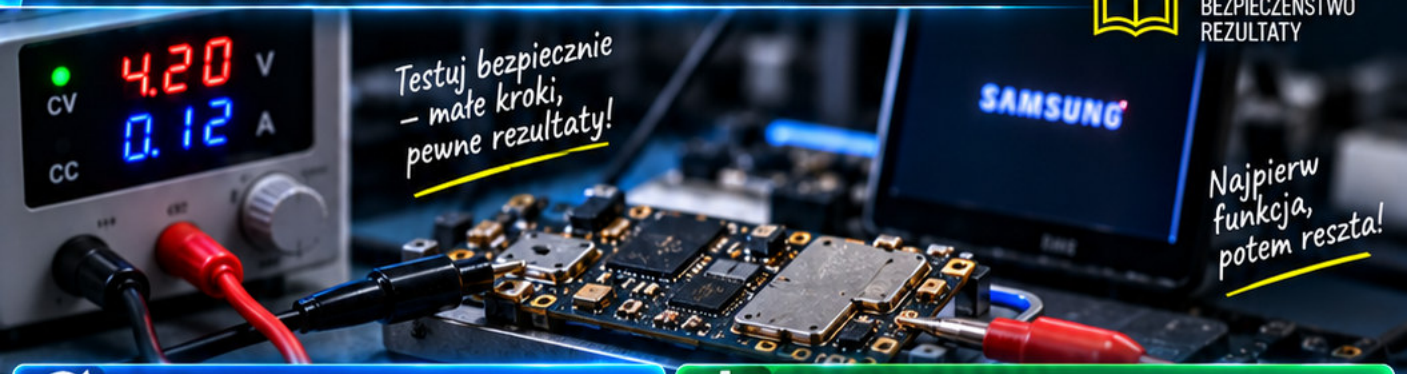
Bezpieczna naprawa zaczyna się od dokładnego sprawdzenia.

ZAKOŃCZ 09 — Test funkcjonalny po naprawie

Sprawdź najpierw funkcję, której dotyczyła naprawa.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



CEL

Czy naprawiany obwód lub komponent wykonuje teraz swoją funkcję?

PRZED TESTEM



- orientacja sprawdzona;
- brak widocznych mostków;
- pomiary wstępne poprawne;
- obszar czysty;
- sąsiednie elementy sprawdzone.

TESTUJ ETAPAMI

Małe kroki — większa kontrola — mniejsze ryzyko.

1 TEST PODSTAWOWY



czy płyta zachowuje się bezpiecznie po podaniu zasilania?

- brak nadmiernego poboru prądu;
- brak grzania;
- brak zwarć;
- stabilne napięcia.

2 TEST OBWODU



sprawdź funkcję bezpośrednio związaną z naprawą.

- np. znajdź sygnał, napięcie, komunikację;
- zmierz i porównaj z wartościami z dokumentacji;
- potwierdź działanie w trybie rzeczywistym.

3 TEST POŚREDNI



sprawdź funkcje sąsiednie, jeśli mogły być dotknięte.

- czy działają powiązane układy;
- czy nie pojawiły się nowe błędy;
- sprawdź kluczowe linie zasilania i sygnały.

4 DOPIERO PÓŹNIEJ PEŁNE SKŁADANIE



składaj urządzenie dopiero, gdy funkcja działa prawidłowo.

- najpierw test "na stole";
- jeśli wszystko działa — dopiero pełne składanie;
- minimalizuj ryzyko ponownego rozbierania.

PRZYKŁADY



złącze ładowania → wykrywanie ładowania / komunikacji zgodnie z diagnozą;



jumper → przywrócona funkcja linii;



układ zasilania → zachowanie odpowiednich napięć;

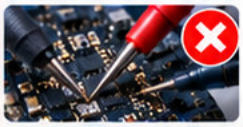


BGA → test związany z funkcją wymienionego układu.

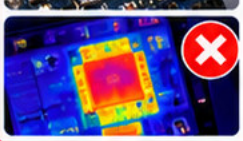
TYPOWE BŁĘDY



pełne składanie urządzenia przed testem.



test wielu funkcji bez związku z naprawą.



ignorowanie nietypowego poboru/pracy.

WZORZEC



Najpierw potwierdź funkcję naprawy, potem rozszerzaj test.

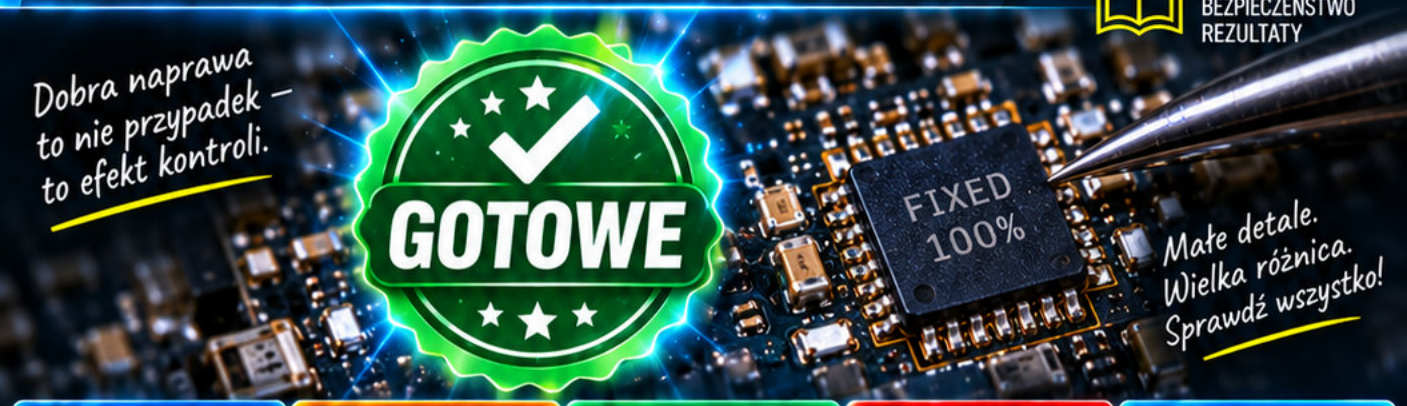
ZAKOŃCZ 10 — Czy naprawa jest naprawdę gotowa?

Ostatnia kontrola przed uznaniem procedury za zakończoną.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

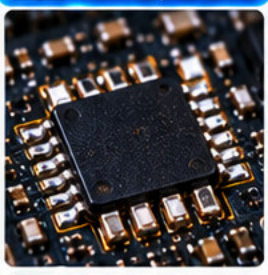
TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

Dobra naprawa to nie przypadek — to efekt kontroli.



Małe detale. Wielka różnica. Sprawdź wszystko!

1 WIZUALNIE — WYGLĄD I JAKOŚĆ



- ☑ komponent prawidłowo ustawiony;
- ☑ orientacja poprawna;
- ☑ spoiny czytelne;
- ☑ brak mostków;
- ☑ brak luźnych kulek lutu.

WYGLĄDA PRAWIDŁOWO

2 MECHANICZNIE — STABILNOŚĆ



- ☑ komponent stabilny;
- ☑ złącze siedzi równo;
- ☑ pad nie porusza się;
- ☑ zworka nie jest naprężona.

STABILNE I SOLIDNE

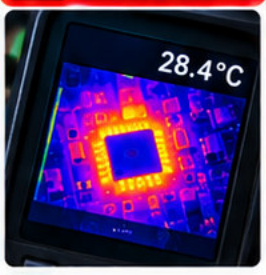
3 ELEKTRYCZNIE — POMIARY



- ☑ oczekiwana ciągłość istnieje;
- ☑ brak niepożądanego zwarcia;
- ☑ naprawiany net jest prawidłowy.

PARAMETRY W NORMIE

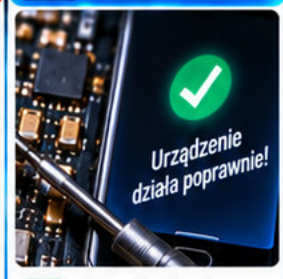
4 TERMICZNIE — BEZ PRZEGRZANIA



- ☑ brak śladów przegrzania;
- ☑ plastik nieodkształcony;
- ☑ sąsiednie komponenty na miejscu.

TEMPERATURA POD KONTROLĄ

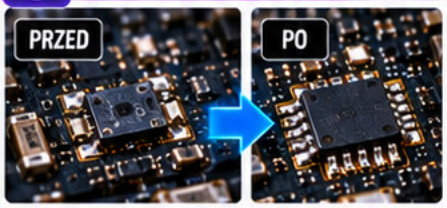
5 FUNKCJONALNIE — TESTY



- ☑ odpowiedni test przeszedł prawidłowo;
- ☑ nie wystąpiły nowe objawy.

DZIAŁA JAK POWINNO

6 DOKUMENTACYJNIE — ZAPIS I MATERIAŁY



- ☑ zdjęcie „po" wykonane, jeśli procedura tego wymaga;
- ☑ wiadomo, co zostało naprawione;
- ☑ naprawa jest czytelna dla kolejnego serwisanta.

UDOKUMENTOWANE I CZYTELNE



Dobrze zrobiona robota ma wartość!

Naprawa jest gotowa dopiero wtedy, gdy została wykonana, wyczyszczona, sprawdzona i potwierdzona.

Kontrola zamyka proces. To oznacza profesjonalizm.

PUNKT UWAGI 01 — Siła mechaniczna

Jeżeli musisz ciągnąć, podważać lub mocno dociskać, proces prawdopodobnie nie jest jeszcze gotowy.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

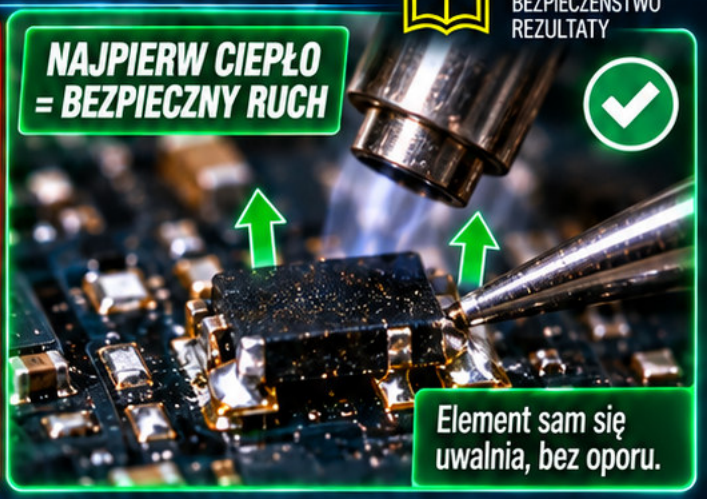
TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY

ZBYT DUŻA SIŁA = DUŻE RYZYKO!



Siła mechaniczna może trwale uszkodzić płytę!

NAJPIERW CIEPŁO = BEZPIECZNY RUCH



Element sam się uwalnia, bez oporu.

RYZYKO

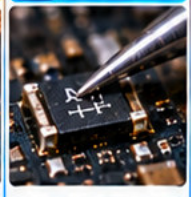
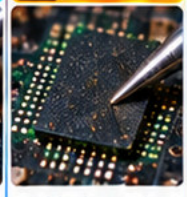
NADMIERNA SIŁA MOŻE SPOWODOWAĆ:



- wyrwać pad;
- przerwać ścieżkę;
- złamać komponent;
- uszkodzić złącze;
- przesunąć sąsiednie elementy.

USZKODZENIA CZĘSTO SĄ NIEODWRACALNE!

SYTUACJE KRYTYCZNE

1 Demontaż	2 Plecionka	3 Pozycjonowanie	4 BGA
			
element nadal trzyma.	przykleiła się.	lut już zastygł.	układ stawia opór.

ZASADA

„Najpierw usuń przyczynę oporu. Potem wykonaj ruch.”

CO ZROBIĆ ZAMIAST SIŁY

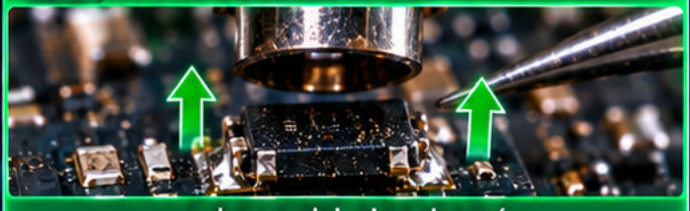
- ponownie ogrzej;
- popraw transfer ciepła;
- dodaj topnik;
- znajdź dodatkowy punkt mocowania;
- sprawdź kotwę mechaniczną;
- poczekaj na pełny rozpływ.

BŁĘDNIE



podważanie komponentu ostrym narzędziem

WZORZEC



pełne uwolnienie połączeń przed ruchem

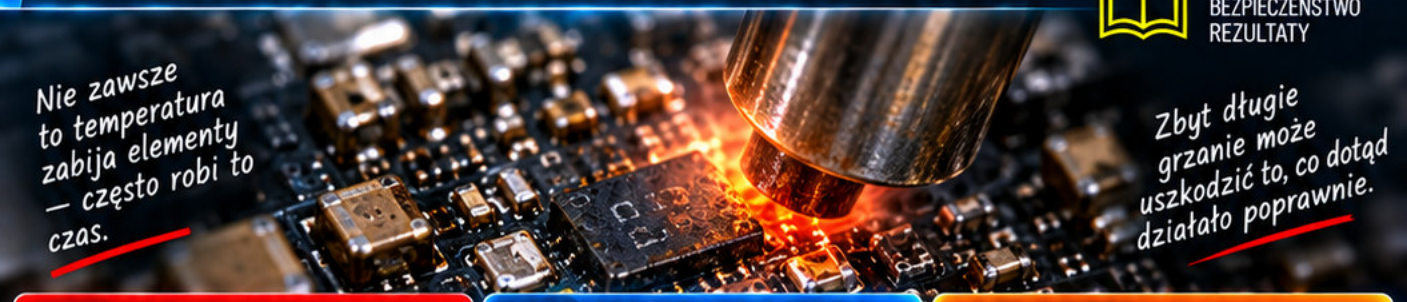
Opór jest informacją diagnostyczną.

PUNKT UWAGI 02 — Zbyt długi czas grzania

Nawet umiarkowana temperatura może uszkodzić obszar, jeśli działa zbyt długo.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



RYZYKO



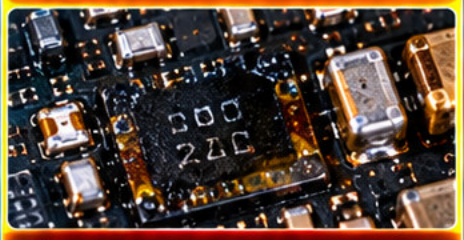
- odklejenie padów;
- deformacja laminatu;
- uszkodzenie plastiku;
- degradacja topnika;
- przesunięcie sąsiednich elementów;
- kumulacja ciepła w wielowarstwowej PCB.

DLACZEGO OPERATOR GRZEJE ZA DŁUGO



- za mały grot;
- zła dysza;
- słaby kontakt;
- utleniona końcówka;
- niewystarczające przygotowanie;
- próba „pokonania" dużej masy termicznej samym czasem.

SYGNAŁY OSTRZEGAWCZE



- topnik mocno ciemnieje;
- soldermask zmienia kolor;
- plastik mięknie;
- obszar pozostaje gorący przez długi czas;
- otoczenie zaczyna się poruszać.

CO ZROBIĆ

1 Zatrzymaj.



Przerwij grzanie natychmiast, gdy podejrzewasz zbyt długi czas.

2 Ostudź.



Pozwól obszarowi naturalnie ostygnąć. Nie przyspieszaj chłodzenia na siłę.

3 Sprawdź narzędzie.



Upewnij się, że grot/dysza są odpowiednie, czyste i w dobrym stanie.

4 Popraw transfer ciepła.



Użyj właściwego topnika, lepszego kontaktu i odpowiedniej dyszy, aby ciepło trafiało tam, gdzie trzeba.

5 Skoryguj proces przed ponowną próbą.



Przeanalizuj, co poszło źle i dostosuj temperaturę, czas, narzędzia oraz przygotowanie przed kolejną próbą.

BŁĘDNIE



„jeszcze trochę, w końcu puści"

WZORZEC



krótki, skuteczny i kontrolowany cykl cieplny

Obciążenie termiczne to nie tylko temperatura — to także czas.

PUNKT UWAGI 03 — Zbyt wysoka temperatura

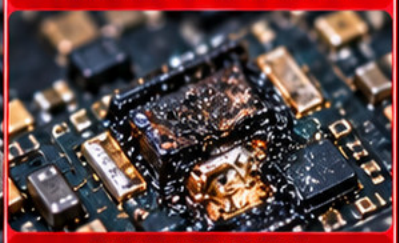
Wyższa temperatura nie zastępuje dobrego kontaktu, właściwego grotu ani prawidłowej techniki.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



SKUTEK PRZEGRZANIA



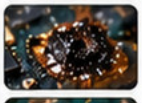
TRWAŁE USZKODZENIA MOGĄ BYĆ NIEWIDOCZNE OD RAZU.

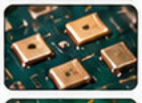
RYZYKO


Uszkodzenie soldermask.


Przegrzanie komponentu.


Deformacja plastiku.


Szybsza degradacja topnika.


Odklejenie padów.


Uszkodzenia laminatu.


Skrócenie żywotności grotu.

DLACZEGO OPERATOR ZWIĘKSZA TEMPERATURĘ


Lut topi się zbyt wolno.


Grot jest za mały.


Końcówka jest utleniona.


Powierzchnia ma dużą masę termiczną.


Kontakt jest słaby.


Operator chce przyspieszyć procedurę.

ZAMIAST AUTOMATYCZNIE PODNOSIĆ TEMPERATURĘ

1. 
Sprawdź stan grotu.

2. 
Sprawdź wielkość grotu.

3. 
Popraw kontakt z powierzchnią.

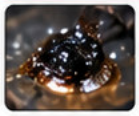
4. 
Oceń masę termiczną.

5. 
Sprawdź topnik.

6. 

Dopiero potem skoryguj temperaturę, jeśli nadal jest to potrzebne.

SYGNAŁY OSTRZEGAWCZE


Topnik natychmiast ciemnieje.


Powierzchnia PCB zmienia kolor.


Plastik odkształca się.


Lut zachowuje się gwałtownie.


Sąsiednie elementy zaczynają się poruszać.

BŁĘDNIE

TEMPERATURA JAKO PIERWSZA ODPOWIEDŹ NA KAŻDY PROBLEM.



WZORZEC

NARZĘDZIE → KONTAKT → GEOMETRIA → MASA → DOPIERO TEMPERATURA.

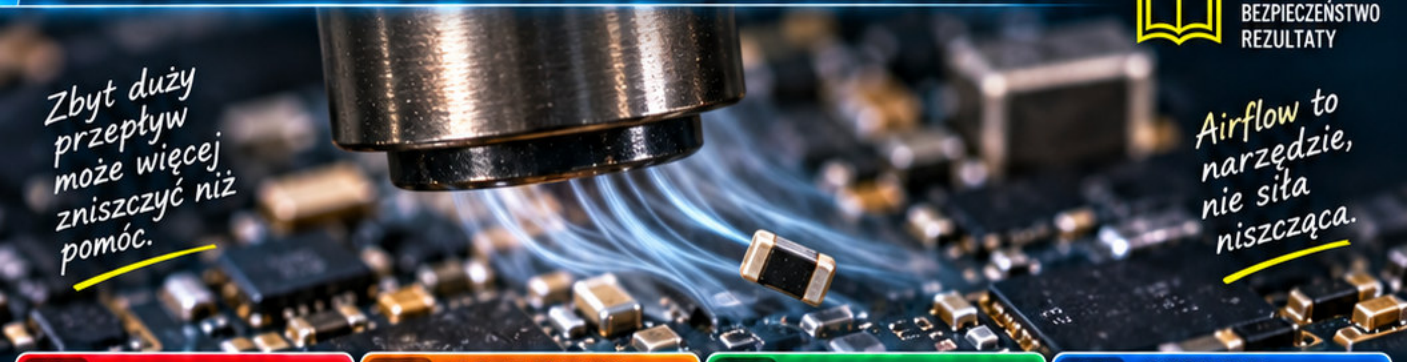
Temperatura jest jednym z parametrów procesu, nie jego jedyną odpowiedzią.

PUNKT UWAGI 04 — Zbyt duży przepływ hot air

Silniejszy nawiew nie zawsze oznacza skuteczniejsze grzanie.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

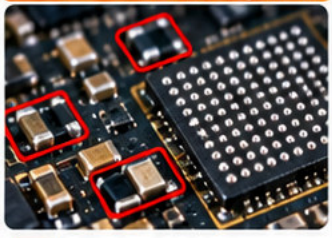


1 RYZYKO



- Przesunięcie małych SMD.
- Zdmuchnięcie komponentu.
- Przemieszczanie kulek.
- Utrata kontroli nad topnikiem.
- Przesunięcie osłon termicznych.
- Niestabilny reflow.

2 GDZIE RYZYKO JEST NAJWIĘKSZE



- Małe rezystory.
- Kondensatory 0201/0402.
- Reballing.
- Luźne kulki BGA.
- Cienkie osłony.
- Bardzo gęste obszary PCB.

3 JAK DOBRAĆ LEPIEJ



- Zaczynaj od minimalnego skutecznego przepływu.
- Obserwuj stabilność komponentów.
- Zwiększaj tylko wtedy, gdy energia docierająca do obszaru jest niewystarczająca.
- Kontroluj kierunek strumienia.

4 SYGNAŁY OSTRZEGAWCZE

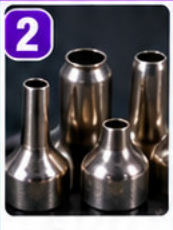


- Elementy poruszają się przed pełnym reflow.
- Topnik jest wypychany z obszaru.
- Osłona termiczna drga.
- Komponent docelowy przemieszcza się.

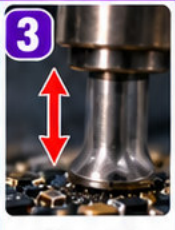
5 CO ZROBIĆ



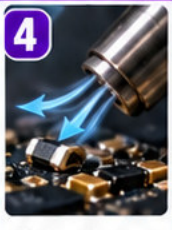
1. Zmniejsz airflow.



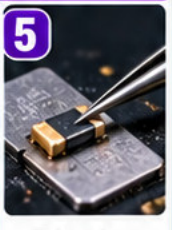
2. Popraw dyszę.



3. Skoryguj odległość.



4. Ustaw lepszy kierunek.



5. Zabezpiecz lekkie elementy.

✕ BŁĘDNIE



Wysoki airflow jako sposób na szybszą pracę.

✓ WZORZEC



Minimalny skuteczny przepływ + stabilny proces.



Airflow ma przenosić ciepło, nie komponenty.

PUNKT UWAGI 05 – Zbyt dużo topnika

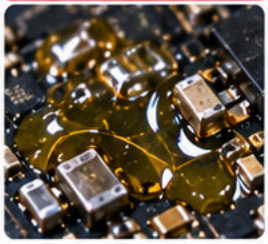
Więcej topnika nie oznacza automatycznie lepszego lutowania.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 RYZYKO



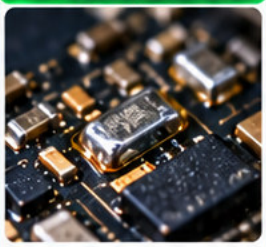
- Zasłanianie padów i wyprowadzeń.
- Trudniejsza inspekcja wizualna.
- Więcej pozostałości po lutowaniu.
- Zabrudzenie obszaru i sąsiednich elementów.
- Utrudniona obserwacja procesu reflow.
- Operator traci poczucie ilości użytego materiału.

2 TYPOWE SYTUACJE



- Lutowanie małych SMD (rezystory, kondensatory, układy).
- Drag soldering (przeciąganie lutu).
- BGA (podczas reballingu, lutowania i napraw).
- Praca w bardzo gęstym obszarze z wieloma komponentami.

3 JAK WYGLĄDA ODPOWIEDNIA ILOŚĆ



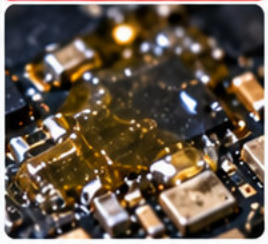
- Cienka warstwa, która ułatwia rozpływanie lutu.
- Tylko w obszarze pracy.
- Powierzchnia nadal częściowo widoczna.
- Brak dużych „basenów" topnika.

4 CO ZROBIĆ, JEŚLI JEST ZA DUŻO



- Usuń nadmiar topnika (np. plecionką, wacikiem bezpyłowym, IPA).
- Wyczyść obszar i osusz.
- Nałóż świeżą, mniejszą ilość topnika.
- Kontynuuj lutowanie dopiero wtedy, gdy masz dobrą widoczność połączeń.

5 SYGNAŁY OSTRZEGAWCZE



- Nie widać pinów i połączeń.
- Topnik wypływa daleko poza obszar pracy.
- Ciężko ocenić, czy powstały mostki lutownicze.
- Po grzaniu pozostaje gruba warstwa zabrudzeń.

✗ BŁĘDNIE



ZALANIE CAŁEJ SEKCJI PCB

✓ WZORZEC



CIENKA LOKALNA WARSTWA NA POŁĄCZENIACH

Topnik ma wspierać widoczny proces, nie go zasłaniać.

Kontrola daje lepsze rezultaty.

PUNKT UWAGI 06 – Zbyt dużo lutu

Spoina ma łączyć, nie zalewać.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 RYZYKO



- Mostki między wyprowadzeniami.
- Utrata widoczności terminalu.
- Zbyt wysoka spoina.
- Pływanie komponentu.
- Utrudniona inspekcja.
- Trudniejsza korekta.

2 GDZIE NAJCZĘŚCIEJ WYSTĘPUJE



- Układy w obudowach QFP (gęste wyprowadzenia).
- Złącza (np. USB, FPC).
- Małe komponenty SMD (rezystory, kondensatory, układy scalone).
- Naprawy padów i odtwarzanie połączeń.
- Technika przeciągania lutu (drag soldering).

3 JAK ROZPOZNAĆ



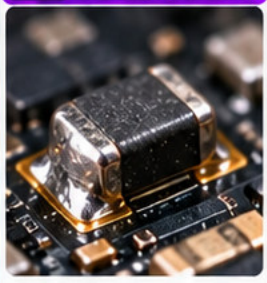
- Terminal znika pod lutem.
- Duża, wypukła masa lutu.
- Lut dotyka sąsiedniego pinu lub pada.
- Komponent stoi wyżej niż powinien („pływa").

4 CO ZROBIĆ



1. Dodaj topnik.
2. Użyj czystego grotu.
3. Zbierz część materiału.
4. Jeśli trzeba — użyj plecionki.
5. Sprawdź geometrię połączenia.

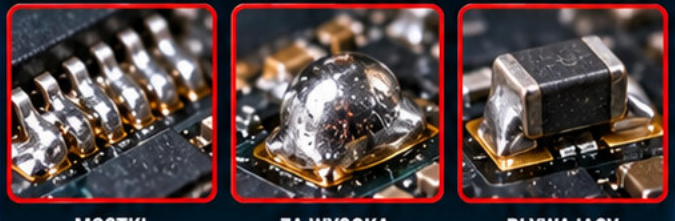
5 NIE PRZESADŹ W DRUGĄ STRONĘ



- Nie usuń całej spoiny — komponent musi być połączony.
- Pozostaw prawidłowe zwilżenie powierzchni pada i wyprowadzenia.

Zbyt mało lutu także prowadzi do problemów!

✕ BŁĘDNIE — WIĘCEJ = MOCNIEJ



MOSTKI MIĘDZY PINAMI | ZA WYSOKA SPOINA | PŁYWAJĄCY KOMPONENT

✓ WZORZEC — MINIMALNA ILOŚĆ POTRZEBNA DO PEŁNEGO POŁĄCZENIA



PRAWIDŁOWA SPOINA SMD | CZYSTE WYPROWADZENIA | RÓWNOMIERNE ZWILŻENIE

Jakość spoiny wynika z geometrii i zwilżenia, nie z objętości.

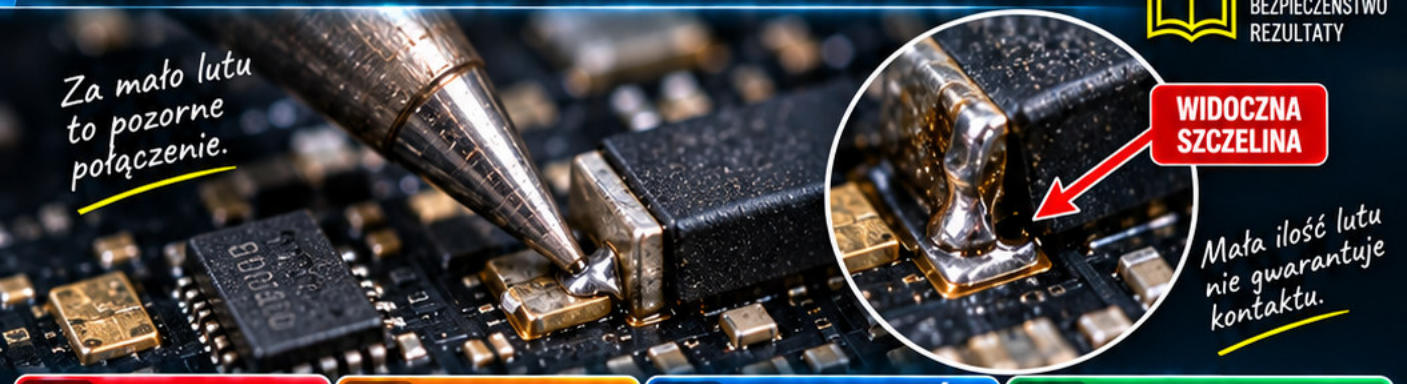
Precyzja daje trwałe rezultaty.

PUNKT UWAGI 07 – Zbyt mało lutu

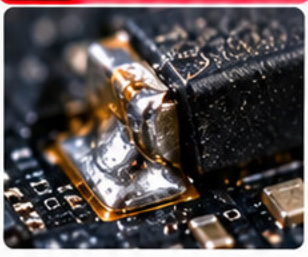
Jeżeli lut nie tworzy pełnego połączenia, sama obecność materiału nie wystarcza.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



1 RYZYKO



- Słaba wytrzymałość mechaniczna.
- Niepełny kontakt.
- Przerwa elektryczna.
- Podatność na mikropęknięcie.

2 OBJAWY

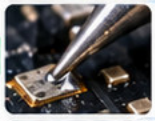


- Widoczna szczelina.
- Bardzo mała powierzchnia zwilżenia.
- Terminal wygląda „sucho".
- Spoina nie obejmuje właściwego obszaru.

3 CO SPRAWDZIĆ ZANIM DODASZ LUT

- **Czystość** (usuń tlenki, brud i pozostałości).
- **Topnik** (użyj odpowiedniego i świeżego).
- **Zwilżalność** (czy powierzchnia przyjmuje lut).
- **Stan grotu** (czysty, odpowiedni kształt i temperatura).
- **Pozycję komponentu** (czy element jest stabilny i dobrze przylega).

4 KOREKTA

1.  Nałóż małą ilość topnika.
2.  Ogrzej pad i terminal.
3.  Dodaj minimalną ilość lutu.
4.  Obserwuj rozpływ.
5.  Zatrzymaj, gdy połączenie jest kompletne.

UWAGA ***Jeżeli lut nadal nie zwilża, problemem może być powierzchnia, nie ilość.***

BŁĘDNIE



Wielokrotne dokładanie lutu bez poprawy zwilżalności.

- Duże, kuliste krople.
- Brak poprawy połączenia.
- Ryzyko zwarć i uszkodzeń.
- Strata czasu i materiału.

WZORZEC



Najpierw powierzchnia, potem kontrolowane uzupełnienie.

- Dobra zwilżalność.
- Płynny, gładki kształt.
- Pełny kontakt.
- Trwałe i niezawodne połączenie.

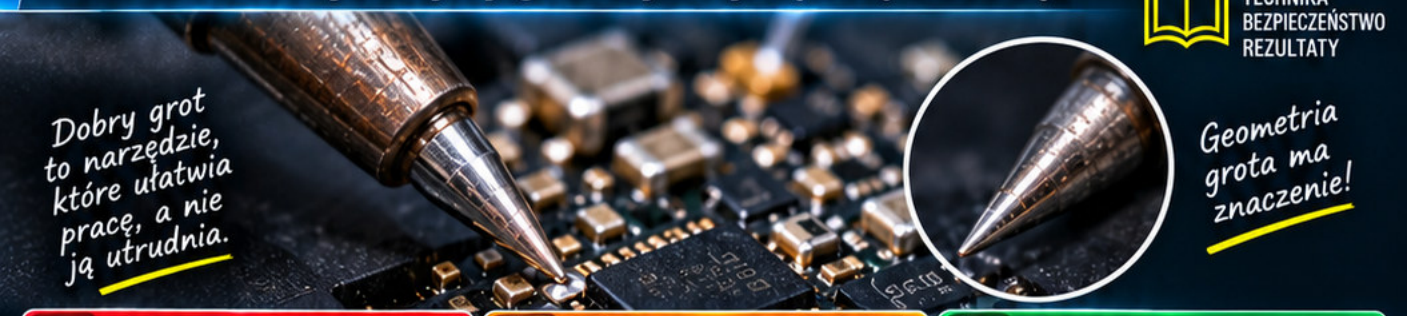
Niedobór uzupełnia się dopiero wtedy, gdy powierzchnia jest gotowa przyjąć lut.

PUNKT UWAGI 08 – Niewłaściwy grot

Nie zawsze najmniejszy grot daje największą kontrolę.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Dobry grot to narzędzie, które ułatwia pracę, a nie ją utrudnia.

Geometria grota ma znaczenie!

1 PROBLEM – ZA MAŁY GROT



- ✗ Mała powierzchnia kontaktu.
- ✗ Wolny transfer ciepła.
- ✗ Długi czas kontaktu.
- ✗ Operator zwiększa temperaturę.

PROWADZI TO DO PRZEGRZEWANIA I RYZYKA USZKODZENIA PŁYTY.

2 PROBLEM – ZA DUŻY GROT



- ✗ Ryzyko dotknięcia sąsiednich elementów.
- ✗ Nadmierna ilość lutu.
- ✗ Brak precyzji.

TRUDNO KONTROLOWAĆ OBSZAR LUTOWANIA I ŁATWO USZKODZIĆ POBLISKIE KOMPONENTY.

3 PROBLEM – ZŁY KSZTAŁT

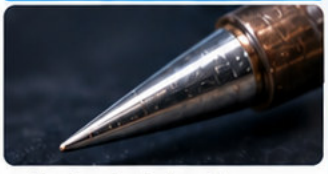


- ✗ Trudno ustawić odpowiedni kąt.
- ✗ Grot nie trafia na powierzchnię.
- ✗ Ruch jest nienaturalny.

POWODUJE SŁABY TRANSFER CIEPŁA I NIERÓWNOMIERNE LUTOWANIE.

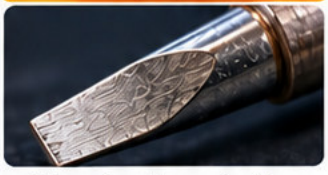
4 DOBÓR — RÓŻNE KSZTAŁTY, RÓŻNE ZASTOSOWANIA

STOŻKOWY



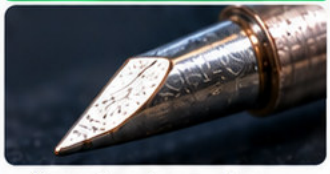
Idealny do drobnych punktów, małych komponentów i miejsc z ograniczoną przestrzenią.

DŁUTO



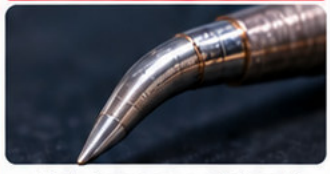
Dobre do większych pól, padów i masy. Skuteczny transfer ciepła.

ŚCIĘTY



Sprawdza się przy drag soldering i pracy z warstwą lutu. Umożliwia kontrolowane przeciąganie.

ZAGIĘTY



Ułatwia pracę w miejscach o ograniczonym dostępie, np. pod osłonami i w gęstym obszarze komponentów.

5 SZYBKI TEST — CZY GROT JEST ODPOWIEDNI?



Czy grot dotyka efektywnie całej potrzebnej powierzchni bez kontaktu z otoczeniem?

✓ TAK	✗ NIE
Dobór prawdopodobnie poprawny.	Zmień geometrię.

6 PORÓWNANIE PODEJŚCIA

✗ BŁĘDNIE



Używanie jednego grotu do wszystkich operacji.

✓ WZORZEC



Dobór do geometrii konkretnego zadania.

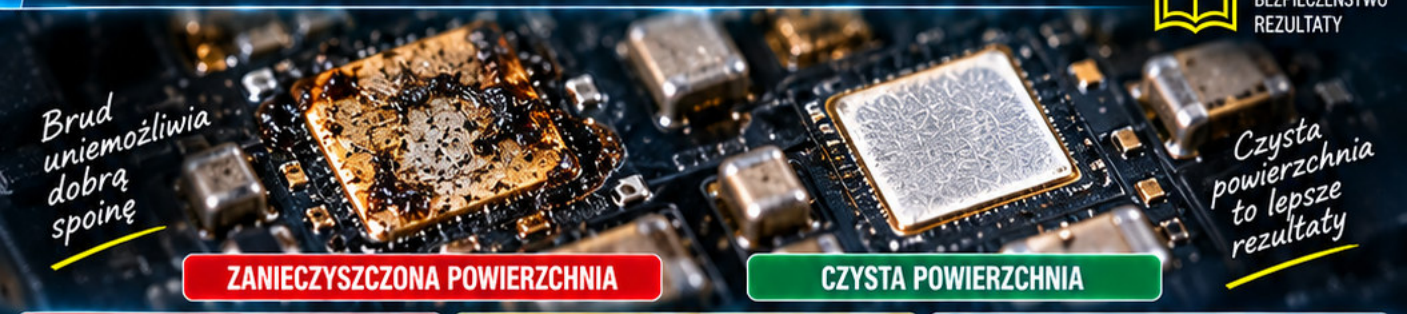
✓ Grot ma pasować do połączenia, nie do przyzwyczajenia operatora.

PUNKT UWAGI 09 — Zanieczyszczona powierzchnia

Jeżeli lut nie chce współpracować, sprawdź najpierw to, do czego ma się przyczepić.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



RYZYKO

- Słaba zwilżalność.
- Nieprzewidywalny rozpływ.
- Ukryte uszkodzenia.
- Przypalony osad.
- Wadliwa spoina.

CO MOŻE BYĆ NA POWIERZCHNI

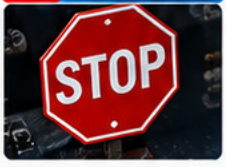
- Stary topnik.
- Kurz.
- Korozja.
- Tlenki.
- Resztki kleju.
- Spalony materiał.
- Włókna (nitki, pył).

OBJAWY

- Lut kulkuje się (i tworzy kulki).
- Lut cofa się od powierzchni.
- Pad wygląda matowo i nieregularnie.
- Topnik szybko ciemnieje.
- Kontakt jest niestabilny.

CO ZROBIĆ

1 ZATRZYMAJ LUTOWANIE.



Nie dodawaj więcej lutu, dopóki nie usuniesz zanieczyszczeń.

2 WYCZYŚĆ OBSZAR.



Użyj alkoholu izopropylowego (IPA), pędzelka lub wacika bezpyłowego.

3 OBEJRZYJ POD MIKROSKOPEM.



Sprawdź, czy powierzchnia jest czysta i nie ma pozostałości, korozji ani uszkodzeń.

4 OCEŃ STAN METALIZACJI.



Upewnij się, że pad nie jest uszkodzony, odspojony ani nadmiernie wytarty.

5 NAŁÓŻ ŚWIEŻY TOPNIK.



Użyj odpowiedniego topnika do precyzyjnego lutowania.

6 SPRÓBUJ PONOWNIE.



Wykonaj lutowanie na czystej, przygotowanej powierzchni.

BŁĘDNIE



Dokładanie lutu do zabrudzonego pola tylko pogarsza sytuację.

WZORZEC



Czyszczenie → Inspekcja → Dopiero lutowanie

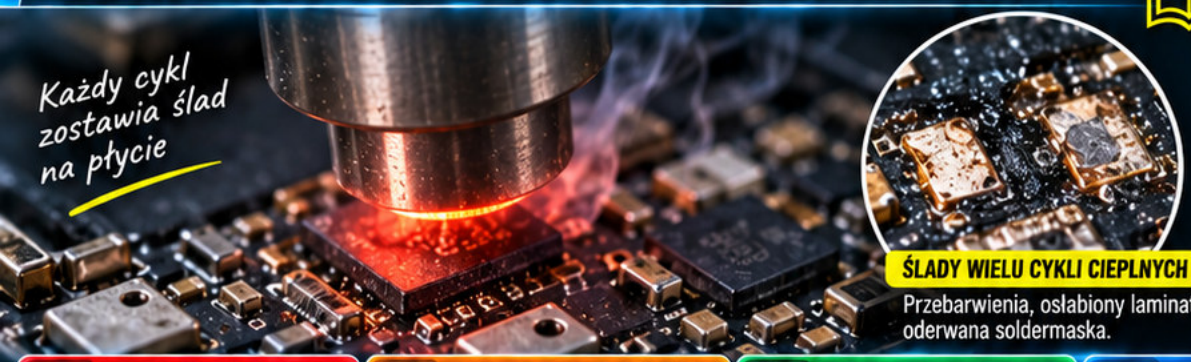
Czysta powierzchnia to warunek dobrej zwilżalności.

PUNKT UWAGI 10 — Zbyt wiele cykli cieplnych

Każde ponowne grzanie obciąża pad, laminat i komponent.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



ŚLADY WIELU CYKLI CIEPLNYCH

Przebarwienia, osłabiony laminat, oderwana soldermaska.

Zbyt wiele grzenia prowadzi do trwałych uszkodzeń

1 RYZYKO



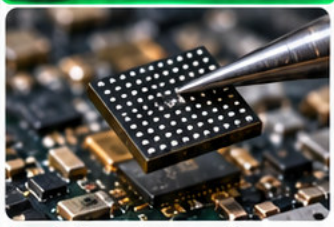
- Odklejenie padów.
- Osłabienie laminatu.
- Uszkodzenie soldermask.
- Degradacja plastiku.
- Uszkodzenie samego komponentu.
- Coraz trudniejsza praca z zabrudzoną powierzchnią.

2 DLACZEGO POWSTAJĄ KOLEJNE CYKLE



- Brak planu działania.
- Poprawianie „na próbę" zamiast analizy.
- Zła orientacja komponentu.
- Zły dobór narzędzia i parametrów.
- Brak inspekcji przed montażem.
- Błędy w reballingu.

3 JAK OGRANICZYĆ



- Przygotuj wszystko przed grzaniem.
- Sprawdź orientację komponentu.
- Kontroluj pady i okolice.
- Zaplanuj proces i parametry.
- Po każdym cyklu oceń stan PCB.
- Nie wykonuj kolejnej próby bez zmiany przyczyny.

4 ZASADA

„Jeżeli pierwsza próba nie dała wyniku, druga nie powinna być identyczna."

5 SYGNAŁY, ŻE TRZEBA SIĘ ZATRZYMAĆ



- Pad zaczyna się ruszać (lub jest niestabilny).
- Laminat zmienia wygląd (przebarwienia, spękania).
- Soldermask odchodzi.
- Komponent był już wielokrotnie grzany.
- Problem nie jest już jasno zdefiniowany.

6 PORÓWNANIE PODEJŚCIA

✗ BŁĘDNIE



Ta sama procedura powtarzana kilka razy.

Każdy kolejny cykl zwiększa ryzyko uszkodzeń.

✓ WZORZEC



Po nieudanej próbie analiza przyczyny przed kolejnym cyklem.

Najpierw diagnozuj, potem działaj.

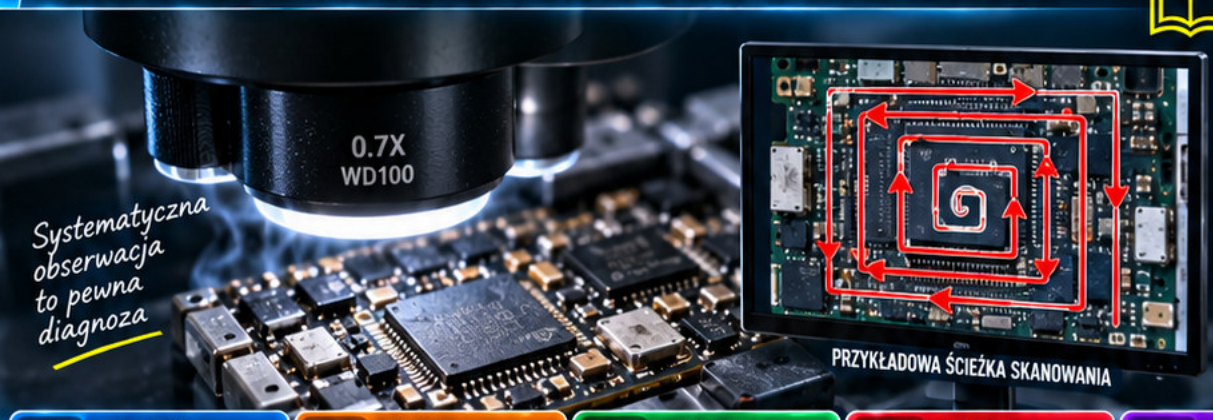
Każdy cykl cieplny powinien mieć konkretny powód.

MIKROSKOP 01 — SKANUJ OBSZAR SYSTEMATYCZNIE

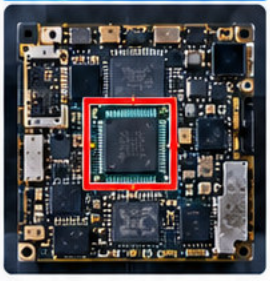
NIE PATRZ LOSOWO. ZACZNIJ SZEROKO, POTEM PRZEJDŹ DO DETALU.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



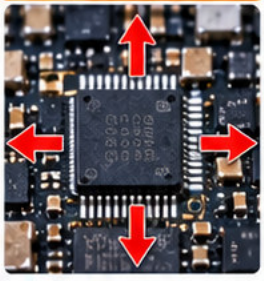
1 ETAP 1 WIDOK OGÓLNY



- Komponent docelowy.
- Sąsiednie elementy.
- Footprint.
- Strefa ciepła.

NAJPIERW POZNAJ CAŁY OBSZAR.

2 ETAP 2 CZTERY KIERUNKI



- Góra.
- Dół.
- Lewa.
- Prawa.

SPRAWDŹ OTOCZENIE Z KAŻDEJ STRONY.

3 ETAP 3 DETAL



- Piny.
- Pady.
- Spoiny.
- Krawędzie.
- Kulki lutu.

PRZEJDŹ DO DOKŁADNEJ INSPEKCJI.

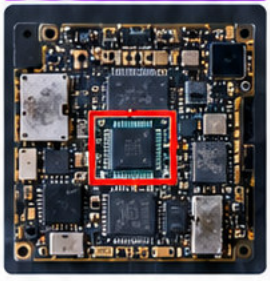
4 ETAP 4 RÓŻNE KĄTY



- Z góry.
- Lekko z boku.
- Przy innym oświetleniu.

TEN SAM OBSZAR MOŻE WYGLĄDAĆ INACZEJ.

5 ETAP 5 POWRÓT DO CAŁOŚCI

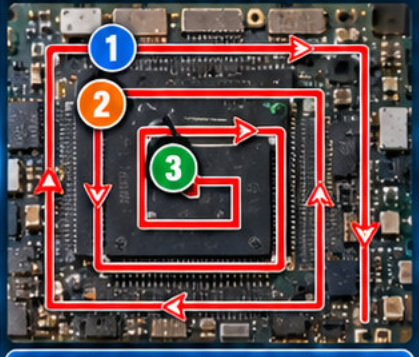


- Czy nic nie zostało pominięte?
- Czy otoczenie nadal wygląda jak przed naprawą?

ZAKOŃCZ, SPRAWDZAJĄC CAŁY OBSZAR PONOWNIE.

MAPA SKANOWANIA

Przykładowa ścieżka systematycznego przeglądania obszaru naprawy.



SKANUJ OD ZEWNĄTRZ DO ŚRODKA. NIE POMIJAJ ŻADNEGO OBSZARU.

TRZY POZIOMY OBSZERWACJI

WIDOK OGÓLNY (MAŁE POWIĘKSZENIE)	ŚREDNI WIDOK	DETAL (DUŻE POWIĘKSZENIE)
		
0.7X – 2X	5X – 10X	20X – 50X
Kontekst i orientacja.	Otoczenie i połączenia.	Szczegóły, spoiny, wady.

OD OGÓŁU → DO SZCZEGÓŁU

TYPOWE BŁĘDY



Maksymalne powiększenie od samego początku.



Oglądanie tylko jednej strony komponentu.



Brak porównania ze zdjęciem referencyjnym.

WZORZEC

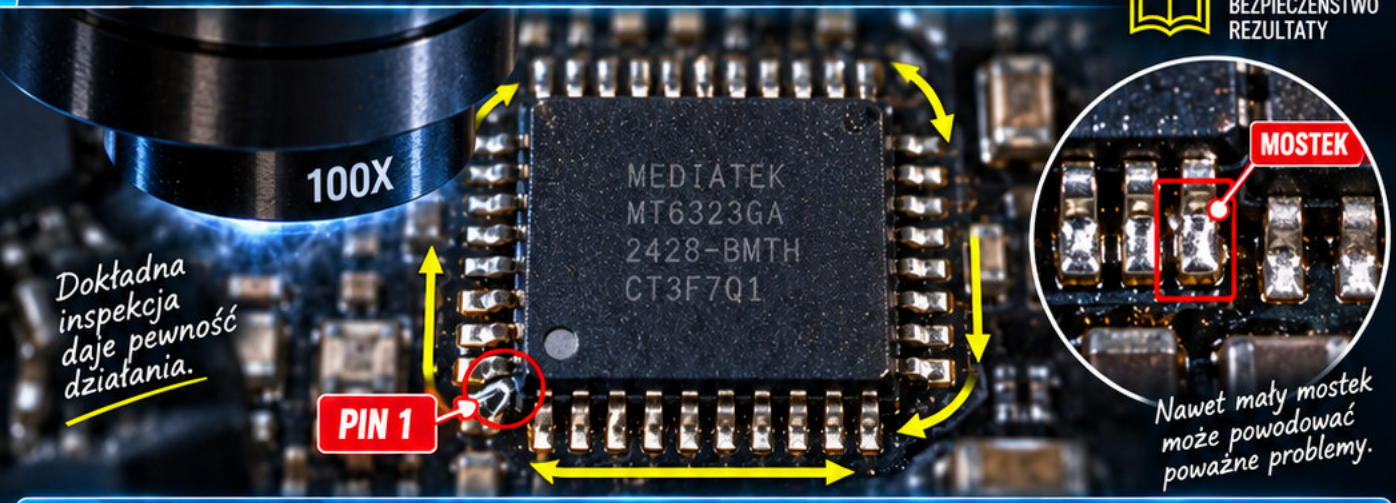
Kontekst → detal → kontekst.

MIKROSKOP 02 – Sprawdzaj pin po pinie

Jeden błędny pin może unieważnić prawidłowy wygląd pozostałych.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Dokładna inspekcja daje pewność działania.

Nawet mały mostek może powodować poważne problemy.

METODA

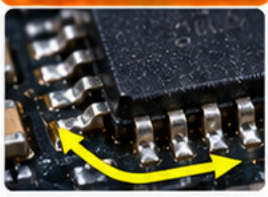
Systematyczna inspekcja eliminuje pominięcia.

1 ZNAJDŹ PIN 1.



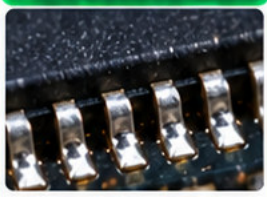
Szukaj oznaczenia (kropka, ścięcie lub nadruk) i zidentyfikuj pin 1.

2 ZACZNIJ OD PIERWSZEGO NAROŻNIKA.



Rozpocznij inspekcję od pinu 1 i przejdź kolejno po pinach w pierwszym rzędzie.

3 IDŹ KOLEJNO PO KAŻDYM PINIE.



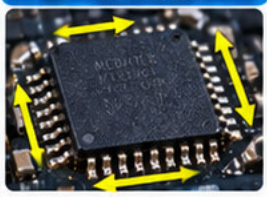
Sprawdzaj każdy pin jeden po drugim, korzystając z powiększenia mikroskopu.

4 PO DOJŚCIU DO NAROŻNIKA PRZEJDŹ NA KOLEJNY BOK.



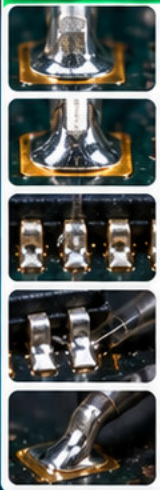
Po sprawdzeniu wszystkich pinów w danym rzędzie przejdź na kolejny bok układu.

5 KONTYNUUJ AŻ DO POWROTU DO PUNKTU STARTOWEGO.



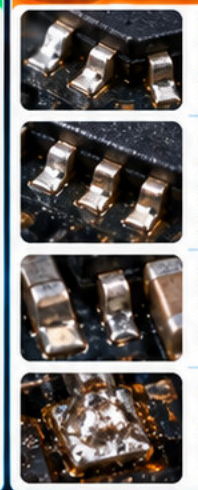
Obejrzyj cały układ, wszystkie boki, aż wrócisz do pinu 1.

DLA KAŻDEGO PINU SPRAWDŹ



- ☑ Czy leży na właściwym padzie.
- ☑ Czy jest zwilżony.
- ☑ Czy nie ma mostka.
- ☑ Czy nie jest uniesiony.
- ☑ Czy nie jest zdeformowany.

SZCZEGÓLNIE SPRAWDŹ



- **Narożniki** (ich piny są bardziej narażone na problemy).
- **Miejsca po korekcie mostka** (mogą pozostać pozostałości topnika).
- **Piny przy dużych polach** (np. masa, zasilanie).
- **Miejsca, gdzie było najwięcej topnika** (mogą ukrywać defekty).

TYPOWE BŁĘDY

- ✗ Sprawdzenie tylko „przodu" układu.
- ✗ Pominięcie narożnika.
- ✗ Założenie, że skoro jeden bok wygląda dobrze, reszta też.

WZORZEC



Nie kończ, dopóki nie wrócisz do pinu 1.

Inspekcja wielopinowego układu powinna mieć początek, kierunek i koniec.

MIKROSKOP 03 — Sprawdź pady, krawędzie i ślady uszkodzeń

Pad może nadal być na miejscu, a mimo to już wymagać uwagi.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Małe różnice mają duże znaczenie!

PAD ZDROWY



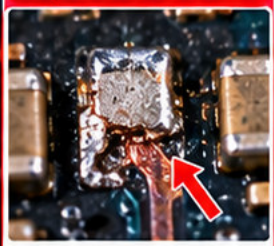
Równy pad, bez widocznych uszkodzeń.

LEKKO UNIESIONY



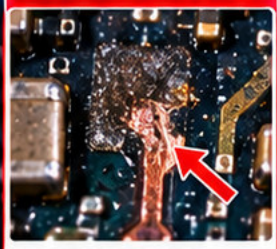
Jedna krawędź uniesiona, widoczna szczelina.

CZĘŚCIOWO WYRWANY



Brak fragmentu pola, widoczna miedź/ścieżka.

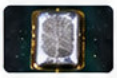
CAŁKOWICIE WYRWANY



Pad nie istnieje, odsłonięta ścieżka.

CEL

Podczas inspekcji znajdź:

1.  pad prawidłowy,
2.  pad częściowo odklejony,
3.  pad uniesiony,
4.  uszkodzoną krawędź,
5.  odsłoniętą ścieżkę,
6.  uszkodzoną soldermaskę.

PAD PRAWIDŁOWY



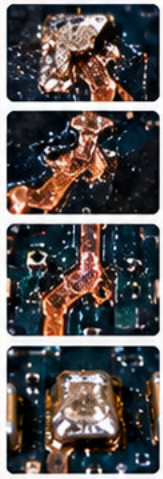
- Płaskie ułożenie na laminacie.
- Regularna krawędź.
- Stabilne połączenie z laminatem.
- Prawidłowe zwilżenie.
- Brak ruchu.

PAD PODEJRZANY



- Jedna krawędź uniesiona.
- Widoczna szczelina pod polem.
- Zmiana kąta odbicia światła.
- Pad przesuwa się razem z terminalem.
- Soldermaska wokół wygląda na naderwaną.

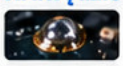
PAD USZKODZONY



- Część pola nie istnieje.
- Miedź oderwana od laminatu.
- Odsłonięty fragment ścieżki.
- Połączenie mechanicznie niestabilne.

SPRAWDŹ RÓWNIEŻ

Krawędzie footprintu



- Pozostałości lutu.
- Kuleczki.
- Pęknięcia.
- Uszkodzenie maski.

Przejście pad → ścieżka



- Szczególnie po wyrwanym komponencie.
- Szczególnie po użyciu plecionki.

METODA INSPEKCJI

1. Oczyść.
2. Oświetl pod różnym kątem.
3. Obejrzyj każdy podejrzany pad osobno.
4. Porównaj z sąsiednim prawidłowym polem.
5. W razie potrzeby sprawdź ciągłość.
6. Nie dotykaj padem mechanicznie bez potrzeby.



BŁĘDNIE



Uznanie pada za dobry tylko dlatego, że nadal jest widoczny.

WZORZEC



Ocena położenia + stabilności + ciągłości.

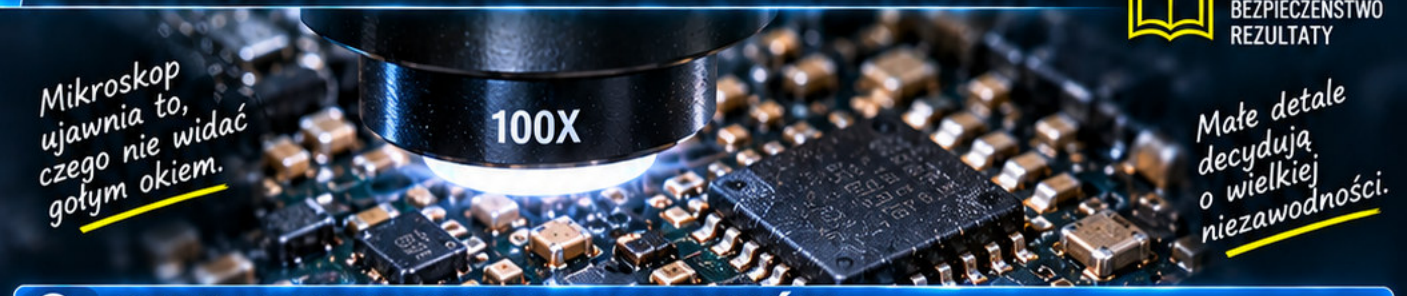
Obecny pad nie zawsze oznacza zdrowy pad.

MIKROSKOP 04 — Mostki, kulki i mikrodefekty

Najgroźniejszy błąd nie zawsze jest największy — czasem jest prawie niewidoczny.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



SZUKAJ 5 TYPOWYCH PROBLEMÓW

1 CIENKI MOSTEK



- bardzo mała nitka lutu między pinami
- może znajdować się u podstawy wyprowadzeń

2 LUŹNA KULKA LUTU



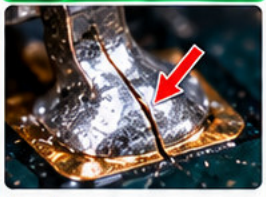
- obok BGA
- między komponentami
- przy ekranie lub złączu

3 PIN BEZ PEŁNEGO KONTAKTU



- wygląda prawidłowo z góry
- pod kątem widać szczelinę

4 MIKROPĘKNIĘCIE



- cienka linia w spoinie
- szczególnie przy mechanicznym naprężeniu

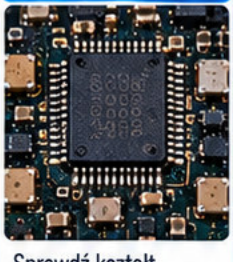
5 FRAGMENT PRZEWODNIKA



- odsłonięty fragment zworki
- cienkie włókno przewodzące
- przypadkowe pozostałości

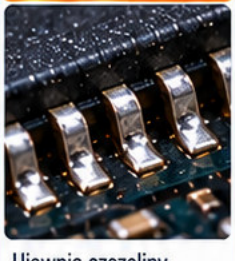
JAK SZUKAĆ

1 WIDOK Z GÓRY — geometria



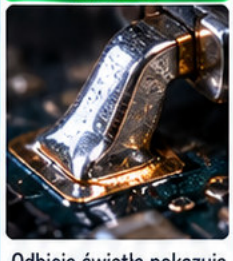
Sprawdź kształt, wyrównanie i symetrię elementów.

2 WIDOK POD KĄTEM — szczeliny, wysokość



Ujawnia szczeliny, różnice wysokości i niedolutowania.

3 ŚWIATŁO BOCZNE — odbicia ujawniają nierówności



Odbicia światła pokazują mikrodefekty, rysy i nierówną powierzchnię.

4 ZMIANA POWIĘKSZENIA — kontekst + detal



Najpierw szerszy kontekst, potem dokładny detal.

METODA "RZĄD PO RZĘDZIE"



Dla IC: nie przeskakuj losowo; prowadź wzrok kolejno; każdy pin porównuj z następnym.

PO BGA



Choć połączenia dolne nie są bezpośrednio widoczne: sprawdź krawędzię; kulki poza footprintem; symetrię osadzenia; sąsiednie komponenty.

TYPOWE BŁĘDY

- ✗ kontrola przez nieusunięty topnik
- ✗ tylko jeden kąt obserwacji
- ✗ założenie, że drobna kulka "nie ma znaczenia"

✗ BŁĘDNIE



szybkie oglądanie całego obszaru

✓ WZORZEC



czyszczenie → skan → różne kąty → detal → ponowny skan

Jeśli czegoś nie widać z góry, zmień kąt — nie zakładaj, że tego nie ma.

MIKROSKOP 05 — Finalny protokół inspekcji

Jedna procedura kontrolna do zastosowania po każdej naprawie mikrolutowniczej.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA
BEZPIECZEŃSTWO
REZULTATY



1 ETAP 1 — CAŁY OBSZAR



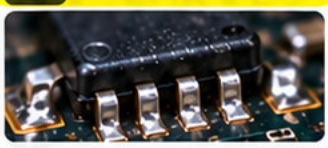
- ✓ Komponent docelowy.
- ✓ Sąsiednie elementy.
- ✓ Czystość.
- ✓ Brak luźnych resztek.

2 ETAP 2 — ORIENTACJA



- ✓ Pin 1.
- ✓ Polaryzacja.
- ✓ Brak obrotu.
- ✓ Pozycja zgodna z referencją.

3 ETAP 3 — GEOMETRIA



- ✓ Komponent centralnie.
- ✓ Leży płasko.
- ✓ Wyprowadzenia na padach.
- ✓ Brak przesunięcia.

4 ETAP 4 — SPOINY



- ✓ Prawidłowe zwilżenie.
- ✓ Wystarczająca ilość lutu.
- ✓ Brak nadmiaru.
- ✓ Brak niedoboru.

5 ETAP 5 — IZOLACJA



- ✓ Brak mostków.
- ✓ Brak przypadkowych kulek.
- ✓ Zworki nie dotykają innych netów.

6 ETAP 6 — PCB



- ✓ Pady kompletne.
- ✓ Brak uniesienia.
- ✓ Ścieżki nieuszkodzone.
- ✓ Soldermaska bez nowych uszkodzeń.

7 ETAP 7 — OTOCZENIE



- ✓ Sąsiednie SMD na miejscu.
- ✓ Plastik bez deformacji.
- ✓ Brak śladów przegrzania.

FINALNA DECYZJA

Czy wszystko jest zgodne ze wzorcem?

- ✓ **TAK** → przejdź do pomiaru/testu.
- ✗ **NIE** → oznacz konkretny defekt i popraw tylko to, co wymaga korekty.

⚠ WIELKA ZASADA

Najpierw znajdź konkretny problem.
Nie wykonuj kolejnego reflow tylko dlatego, że coś wygląda podejrzanie.

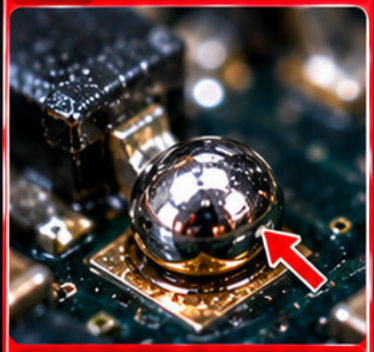
✗ BŁĘDNIE × ✓ WZORZEC — Spoina lutownicza

Porównuj zwilżenie, ilość lutu i geometrię — nie tylko połysk.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

✗ BŁĄD 1 — KULKA LUTU



Lut leży na powierzchni zamiast ją zwilżać.

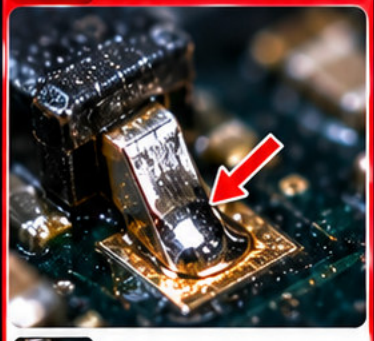
- ✗ wysoki kąt kontaktu
- ✗ lut nie rozpływa się po padzie
- ✗ słaba zwilżalność

✗ BŁĄD 2 — NADMIAR



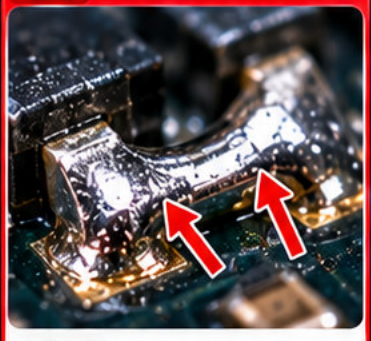
- ✗ terminal zasłonięty
- ✗ bardzo duża wypukłość
- ✗ ryzyko mostka

✗ BŁĄD 3 — NIEDOBÓR



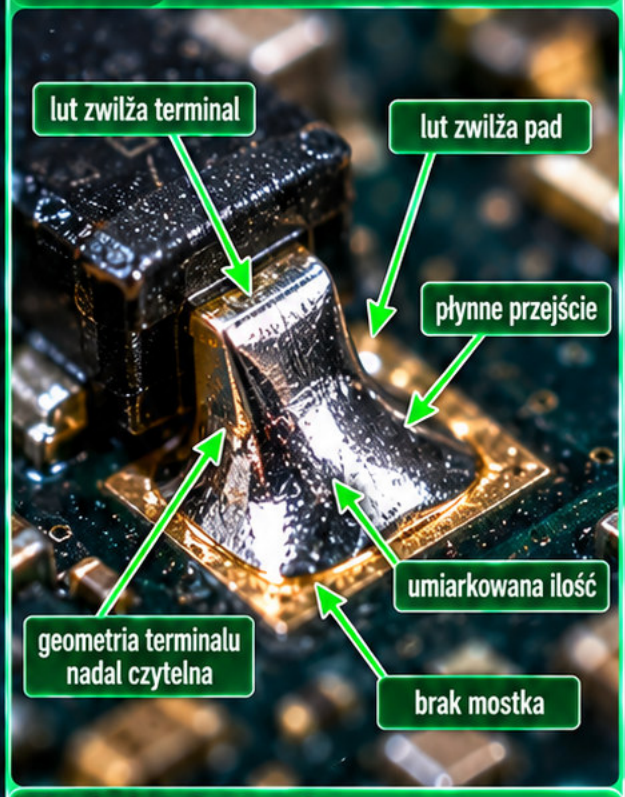
- ✗ niepełne pokrycie
- ✗ widoczna szczelina
- ✗ mała powierzchnia połączenia

✗ BŁĄD 4 — MOSTEK



- ✗ dwa sąsiednie punkty połączone
- ✗ brak wymaganej separacji

✓ WZORZEC



Szukaj tych 4 cech:

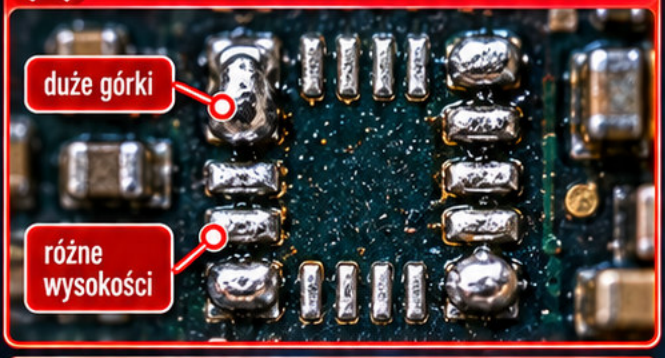
1	Zwilżenie		Lut łączy obie powierzchnie.
2	Ciągłość		Gładka, jednolita spoina bez przerw.
3	Właściwa ilość		Wystarczająca, ale nie nadmierna.
4	Separacja		Brak mostków do sąsiednich punktów.

Dobra spoina łączy dwie powierzchnie.
Nie musi tworzyć dużej masy lutu.

BŁĘDNIE × WZORZEC — Przygotowanie padów

Nowy komponent powinien trafić na powierzchnię czystą, równą i kompletną.

PRZYKŁAD 1 — Nierówna ilość lutu



PRZYKŁAD 2 — Pozostałości topnika



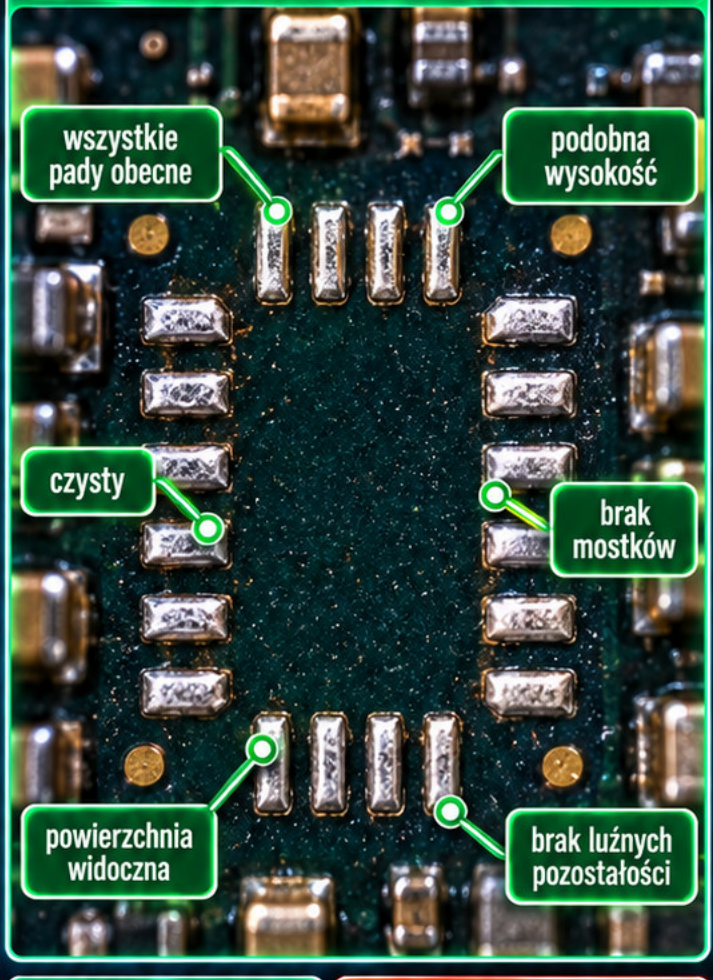
PRZYKŁAD 3 — Luźna kulka



PRZYKŁAD 4 — Uszkodzony pad zignorowany



WZORZEC



CHECKLIST

- ☑ kompletne
- ☑ stabilne
- ☑ równe
- ☑ czyste
- ☑ odseparowane

Pad uszkodzony?

- ⚠ nie zakrywaj problemu komponentem
- ⚠ najpierw odbudowa lub ocena połączenia

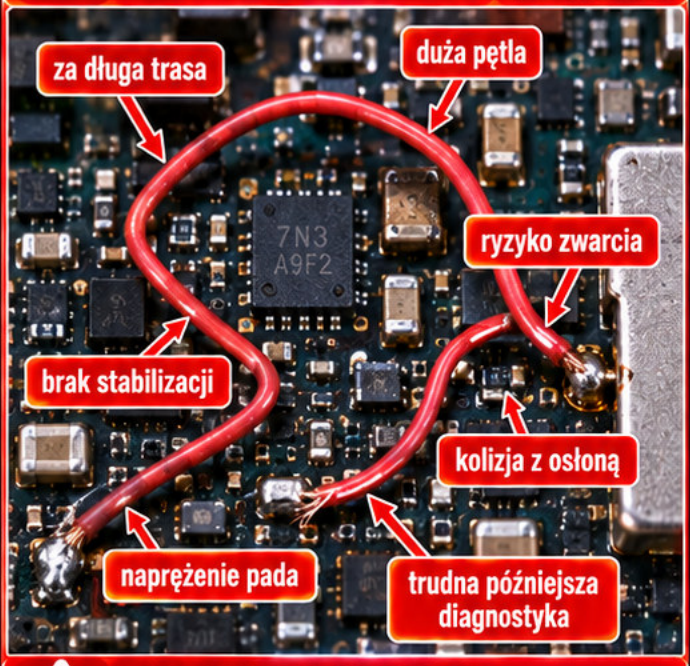
Dobre przygotowanie footprintu zmniejsza liczbę problemów podczas montażu.

ZWORKA PROWIZORYCZNA × ZWORKA UPORZĄDKOWANA

To samo połączenie elektryczne może być wykonane w sposób ryzykowny albo kontrolowany.

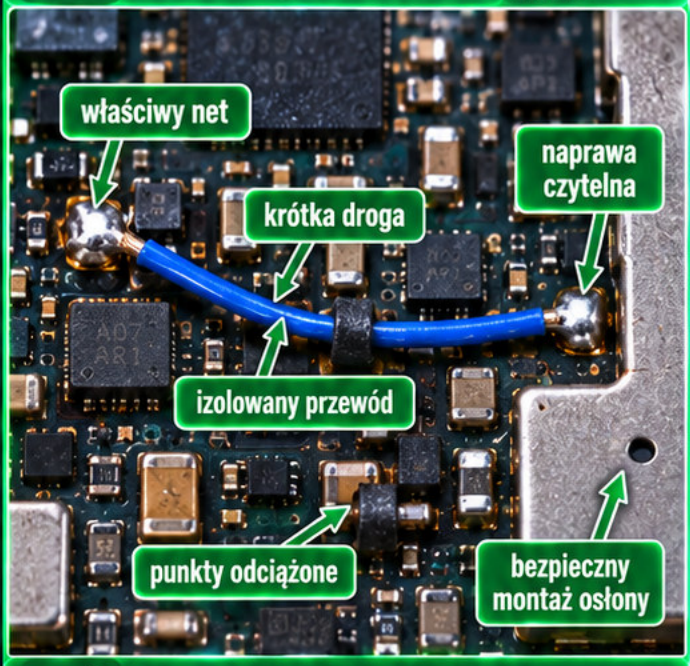
PROWIZORYCZNA

DZIAŁA, ALE TWORZY WIELE PROBLEMÓW.



UPORZĄDKOWANA

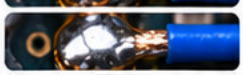
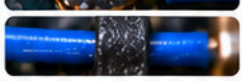
TA SAMA FUNKCJA, ALE BEZ ZBĘDNEGO RYZYKA.



TYPOWE PROBLEMY

	Bardzo długi przewód.
	Duża pętla.
	Biegnie nad komponentami.
	Wiele odsłoniętej miedzi.
	Nieprzymocowany.
	Lut tworzy duże krople.
	Przewód jest naprężony przy punkcie końcowym.

KLUCZOWE ELEMENTY

	Krótka trasa.
	Przewód blisko PCB.
	Dokładne punkty A/B.
	Tylko końcówki odsłonięte.
	Jeden/dwa punkty stabilizacji.
	Czyste spoiny.
	Brak kolizji z komponentami i osłonami.

5 PYTAŃ DOBREJ ZWORKI

1. Czy łączy właściwy net?
2. Czy trasa jest możliwie krótka?
3. Czy przewód jest izolowany?
4. Czy punkty lutownicze nie są naprężone?
5. Czy naprawa zmieści się po złożeniu urządzenia?

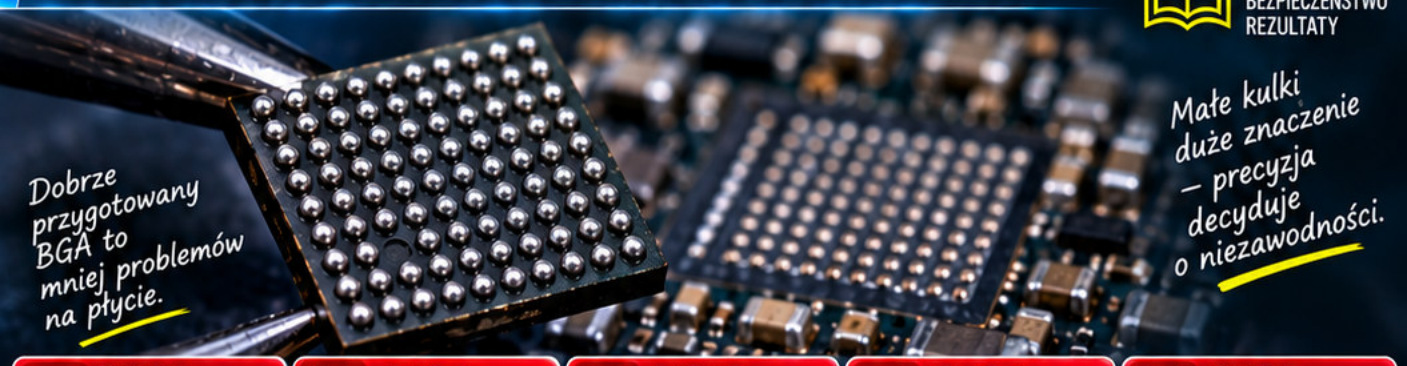
Profesjonalna zworka ma być elektrycznie poprawna, mechanicznie stabilna i możliwie dyskretna.

BŁĘDNIE × WZORZEC — BGA i reballing

Równa matryca i prawidłowa pozycja przed montażem.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

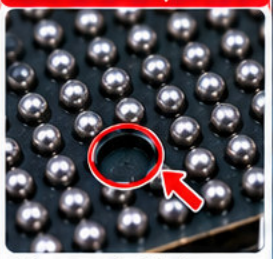
TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY



Dobrze przygotowany BGA to mniej problemów na płycie.

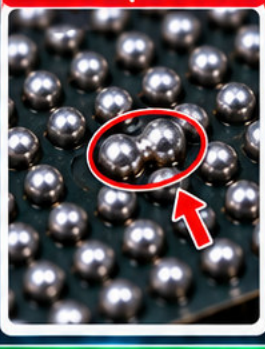
Małe kulki duże znaczenie — precyzja decyduje o niezawodności.

BŁĄD 1 — BRAKUJĄCA KULKA

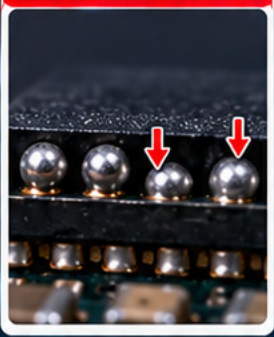


Nie montuj układu z niepełną matrycą.

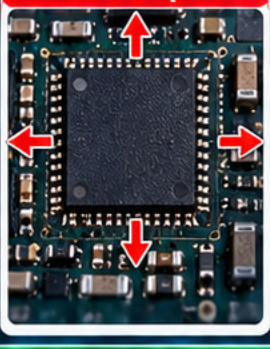
BŁĄD 2 — POŁĄCZONE KULKI



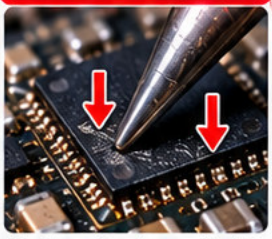
BŁĄD 3 — RÓŻNA WYSOKOŚĆ



BŁĄD 4 — PRZESUNIĘTY UKŁAD

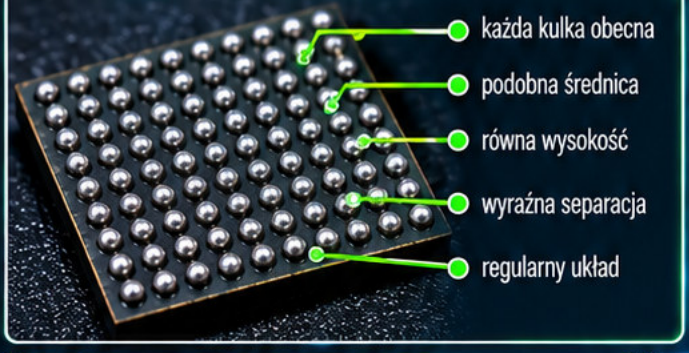


BŁĄD 5 — DOCISKANIE PODCZAS REFLOW

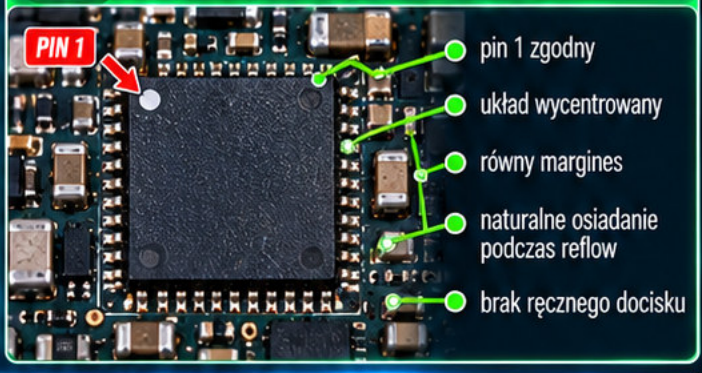


Nacisk może spłaszczyć kulki i zmienić geometrię połączeń.

WZORZEC — MATRYCA

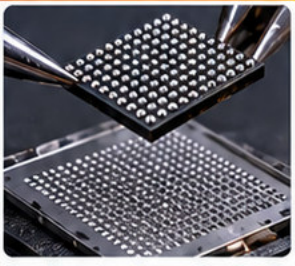


WZORZEC — MONTAŻ



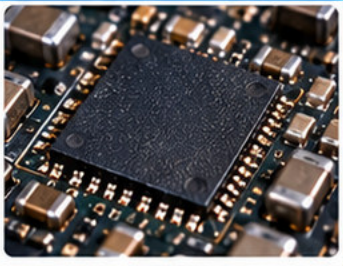
PRZED MONTAŻEM

- kulki kompletne
- kulki równe
- footprint czysty
- pady kompletne
- pin 1 potwierdzony



PO MONTAŻU

- układ centralnie
- brak kulek poza footprintem
- otoczenie stabilne
- podstawowy pomiar/test wykonany



Błędu ukrytego pod BGA najlepiej uniknąć zanim układ znajdzie się na płycie.

✗ REAGOWANIE × ✓ KONTROLA PROCESU

Najlepsze mikrolutowanie nie polega na ratowaniu błędów — polega na ograniczaniu ich zanim powstaną.

PRAKTYCZNA WIEDZA DLA LEPSZYCH NAPRAW

TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWO REZULTATY

✗ TECHNIK REAGUJĄCY

1. 
Nie planuje — zaczyna grzać natychmiast.

2. 

Zwiększa temperaturę — kiedy lut nie reaguje.

3. 
Używa siły — kiedy komponent nie chce zejść.

4. 
Dodaje więcej materiału — kiedy spoina wygląda źle.

5. 
Poprawia kilka razy — bez znalezienia przyczyny.

6. 
Sprawdza tylko naprawiany element — ignoruje otoczenie.

7. 
Testuje od razu zasilaniem — bez inspekcji i pomiaru.













Porządek w szczegółach daje niezawodne rezultaty.

✓ TECHNIK KONTROLUJĄCY PROCES

1. 
Diagnozuje — wie, co naprawia.

2. 
Przygotowuje — narzędzia, pady, ochronę i plan.

3. 

Dobiera parametry — temperatura, airflow, grot, dysza, czas.

4. 
Obserwuje — lut, topnik, komponent i otoczenie.

5. 
Reaguje na sygnały — opór = nie używa siły; przegrzanie = przerywa; pad porusza się = STOP.

6. 
Kończy we właściwym momencie — bez zbędnego grzania.

7. 

Czyści i sprawdza — mikroskop; pomiary; test funkcjonalny.

MODEL POPRAWNEJ NAPRAWY — ZAPAMIĘTAJ I STOSUJ ZAWSZE

ROZPOZNAJ	PRZYGOTUJ	WYKONAJ	OBSERWUJ	ZAKOŃCZ	SPRAWDŹ
Co jest problemem?	Czego potrzebuję?	Jaki jest właściwy ruch?	Co mówi mi proces?	Kiedy cel został osiągnięty?	Czy wynik jest naprawdę poprawny?

6 ZASAD ATLASU

1. Nie używaj siły tam, gdzie powinno działać ciepło.
2. Nie zwiększaj temperatury zanim sprawdzisz proces.
3. Nie montuj na powierzchni, której nie sprawdziłeś.
4. Nie wykonuj kolejnego cyklu cieplnego bez konkretnego powodu.
5. Nie oceniaj naprawy tylko po wyglądzie.
6. Nie kończ przed inspekcją i testem.

Precyzja nie zaczyna się w dłoni. Zaczyna się w sposobie podejmowania decyzji.

Używaj atlasu jako wizualnego punktu odniesienia przy kolejnych naprawach — aż poprawna procedura stanie się powtarzalnym nawykiem.