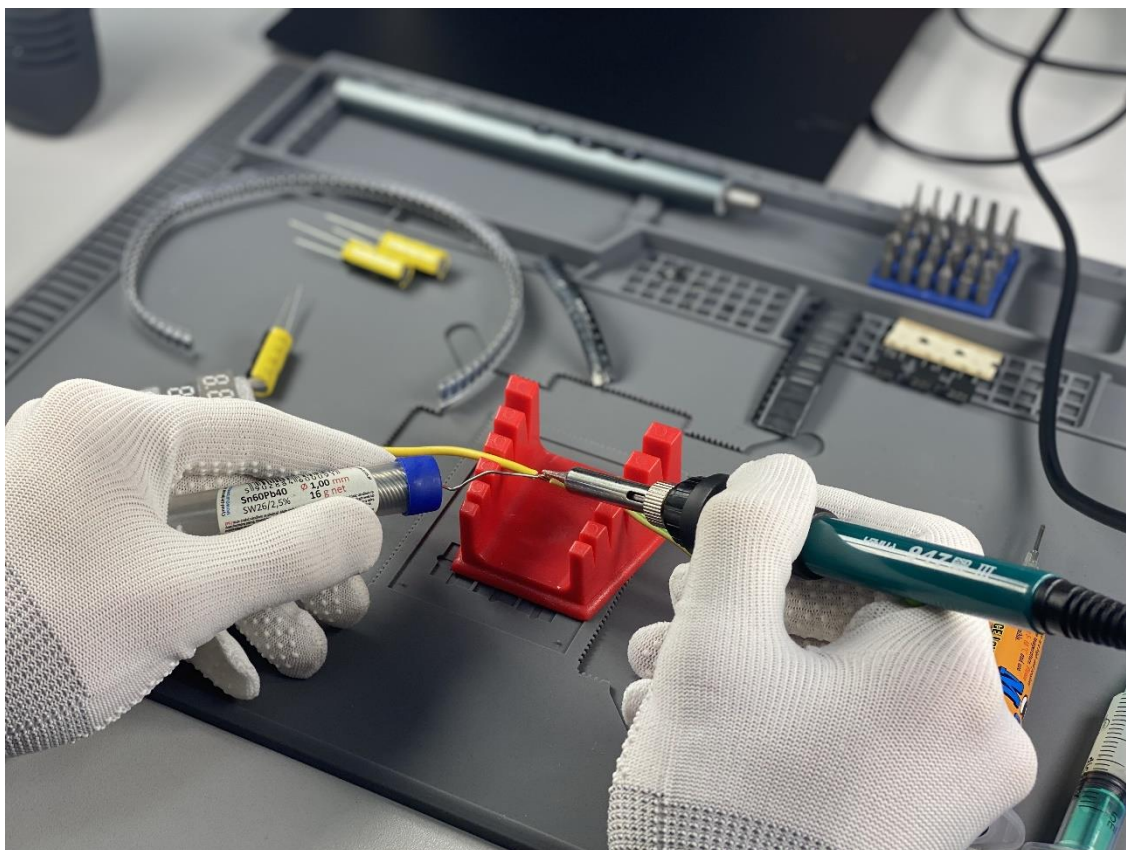


# PORADNIK



# PODSTAWY LUTOWANIA

Obserwuj nas:

👉 youtube: <https://www.youtube.com/serwisowepl>

👉 tiktok: <https://www.tiktok.com/@reball.pl>

👉 facebook: <https://www.facebook.com/reballpl>

👉 instagram: <https://www.instagram.com/serwisowe.pl>

Dokument opracowany przez:  
Reball Technology Sp. z o.o.

wersja 2.1

Kopiowanie, przetwarzanie i rozpowszechnianie niniejszego poradnika a w szczególności jego treści oraz zawartych materiałów w całości lub w części bez zgody Reball Technology Sp. z o.o., jest zabronione.

## Spis treści

1.	Bezpieczeństwo miejsca pracy .....	3
2.	Wybór lutownicy.....	4
2.1	Lutownice transformatorowe .....	4
2.2	Lutownice kolbowe .....	5
2.3	Stacje lutownicze.....	5
2.4	Stacje lutownicze na gorące powietrze (Hot Air) .....	7
2.4.1	Budowa i zasada pracy urządzeń typu Hot Air.....	7
2.4.2	Zasady bezpiecznego używania urządzeń typu Hot Air. ....	9
2.4.3	Lutowanie za pomocą urządzeń hot air. ....	10
2.4.4	Rodzaje dysz i sposób ich mocowania. ....	11
2.4.5	Dobór temperatury gorącego powietrza. ....	12
2.5	Stacje lutownicze BGA.....	13
2.6	Rozlutownice .....	14
3.	Akcesoria Lutownicze .....	15
3.1	Stopy lutownicze i ich rodzaje .....	15
3.2	Topniki lutownicze i ich rodzaje .....	17
3.3	Dodatkowe narzędzia i wyposażenie .....	20
3.4	Preparaty czyszczące po procesach lutowniczych .....	21
3.5	Konserwacja i czyszczenie grotów.....	22
4.	Zasady lutowania .....	23
4.1	Praktyczne wskazówki podczas lutowania .....	25
4.2	Ustawienie właściwej temperatury.....	25
4.3	Lutowanie przewodów elektrycznych .....	26
4.4	Lutowanie elementów przewlekanych .....	27
4.5	Lutowanie elementów SMD .....	28
4.6	Lutowanie elementów BGA.....	29
4.7	Lutowanie taśm LED .....	31
5.	Rodzaje grotów lutowniczych.....	32
5.1	Groty typu 900M .....	32
5.2	Groty typu T12 i T13 z wbudowaną grzałką .....	34
5.3	Groty typu C115, C210 i C245 z wbudowaną grzałką.....	36
6.	Współczesne wyposażenie nowoczesnego serwisu .....	38
6.1	Mikroskopy .....	38
6.2	Kamery termowizyjne .....	39
6.3	Pochłaniacze oparów .....	39
6.4	Maty robocze ESD .....	41
6.5	Maty odporne na wysokie temperatury .....	41
7.	Zakończenie .....	42



## 1. Bezpieczeństwo miejsca pracy.

### **Odpowiednie oświetlenie przestrzeni roboczej.**

Zadbaj o odpowiednie oświetlenie stanowiska pracy.

Praca przy niewystarczającym oświetleniu wiąże się z trwałym pogorszeniem wzroku.

### **Odpowiednia wentylacja.**

Podczas pracy różne substancje (topniki, spoiwa) roztopiane są do stanu płynnego. Podczas wrzenia zaczynają parować wytwarzając przy tym dużą ilość szkodliwych oparów. Zalecamy wentylowanie pomieszczenia, w którym prowadzone są prace lutownicze, co 30 min lub stosowanie pochłaniaczy oparów.

### **Unikaj możliwego poparzenia cyną.**

Spoivo podczas roztopiania rozgrzanym grotem do 300°C potrafi prysnąć w sposób niekontrolowany. Zabezpiecz oczy i ręce podczas pracy z rozgrzanym lutowiem oraz zachowaj należyłą ostrożność.

### **Zwróć uwagę na sprzęt, którego masz zamiar używać do pracy.**

Do pierwszych prac lutowniczych wystarczy prosta lutownica kolbowa z regulacją temperatury o mocy 60W. Unikaj przy pracy z drobną elektroniką lutownic o mocy większej niż 250W.

### **Zmiany grotów dokonuj wyłącznie na wyłączonej lutownicy (o ile stacja lutownicza nie umożliwia wymiany w trakcie pracy tzw. Hot Swap)**

Upewnij się, że część grzejna jest wystudzona, a sama stacja jest wyłączona. Podczas wymiany grotu na włączonej stacji istnieje wysokie ryzyko poparzenia, oraz spalenia grotu lutowniczego. Może dojść również do uszkodzenia lutownicy / stacji lutowniczej.

## 2. Wybór lutownicy.

Twoją przygodę z lutowaniem powinieneś rozpocząć od wyboru odpowiedniego sprzętu do pracy, o ile takowego już nie posiadasz. Podczas wyboru lutownicy warto zwrócić uwagę na jej właściwości oraz parametry. Pomoże to w wyborze właściwego sprzętu.

Na początek wyjaśnijmy, **co to jest lutowanie**? Lutowanie to trwałe łączenie elementów metalowych za pomocą metalowego spoiwa zwanego spoiwem lutowniczym o temperaturze topnienia niższej niż temperatura topnienia łączonych elementów. Podczas lutowania powierzchnia łączonych metali nie zostaje stopiona, a trwałe połączenie następuje dzięki zjawisku adhezji i płytkiej dyfuzji.

**Podczas zakupu pierwszej lutownicy należy zwrócić uwagę na:**

- Komfort używania podczas pracy (ergonomia, waga, wielkość).
- Oferowaną moc (60W wystarczy do większości zastosowań).
- Dostępny zakres temperaturowy (zakres 180 – 450°C jest wystarczający).
- Uniwersalność oraz ilość i jakość dostępnych grotów.
- Awaryjność, koszt ewentualnej naprawy.

Teraz przybliżymy kilka dostępnych na rynku lutownic oraz pomożemy z wyborem odpowiedniej.

### 2.1 Lutownice transformatorowe.

Lutownice transformatorowe to popularny typ lutownic spotykany w serwisie każdego majsterkowicza. Często wybierana, jako pierwsza lutownica. Lutownice tego typu posiadają moc nawet 250W. Temperatura grotu dochodzi do 400°C.



#### **TEX 250W – duża moc!**

- Prosta bezawaryjna konstrukcja.
- Tania eksploatacja, ponieważ groty zrobione są z miedzianego drutu.
- Idealna do lutowania grubych przewodów, złączy transformatorów, połączeń kablowych.

Powyższy model posiada regulację mocy za pomocą potencjometru umieszczonego na rękojeści. Z uwagi na grot zrobiony z miedzianego drutu oraz swój ciężar, służy raczej do mało precyzyjnych zadań. Skutecznie sprawdzi się podczas lutowania przewodów o zróżnicowanym przekroju oraz połączeń wymagających roztopienia dużej ilości spoiwa mającej znaczną pojemność cieplną. Tego typu lutownice występują również w wersji z przełącznikiem mocy, np. 45 / 75 Watt.

Zasada działa lutownicy transformatorowej opiera się na zrobieniu w sposób kontrolowany zwarcia uzwojenia wewnętrznego transformatora, poprzez grot, czyli kawałek drutu. W ten sposób prąd przepływający przez grot (drut) wytwarza ciepło na jego zagięciu. Często ten typ lutownic określa się „zwarcowymi”.

## 2.2 Lutownice kolbowe.

W przeważającej większości tego typu lutownic elementem wytwarzającym ciepło jest grzałka, która poprzez fizyczny styk z grotem nagrzewa go. Jednak istnieją również konstrukcje bardzo zaawansowane, które wytwarzają temperaturę grotu w zupełnie inny sposób, ale o tym wspomnimy nieco dalej.



### REBALL S601A 60W – Idealna na start!

- Bardzo tania, prosta a zarazem lekka.
- Uniwersalne groty typu **900M**.
- Sprawdzi się w większości wykonywanych zadań dla początkujących elektroników.

Jest to bardzo popularny, klasyczny model lutownicy kolbowej. Popularny nie tylko ze względu na cenę, ale także pod względem uniwersalnego zastosowania oraz niezawodności. Lutownica cechuje się mocą aż, 60W, którą można regulować potencjometrem umieszczonym na rękojeści. Zakres temperatur pracy to 250 – 450°C. Głównymi jej atutami są: lekkość, szeroka gama wymiennych grotów typu 900M, wbudowany wyłącznik oraz wspomniana cena. Niestety w większości tanich konstrukcji nie stosuje się stabilizacji temperatury poprzez jej pomiar wewnątrz grotu, zatem ustawienie temperatury jest jedynie orientacyjne wynikające z ustawionej mocy.

Powyższa lutownica, świetnie sprawdzi się podczas pierwszych prac związanych z lutowaniem. Polecamy zakup z zestawem startowym, cyną (spoiwem) i kalafonią.

## 2.3 Stacje lutownicze.

Stacje lutownicze, to typ lutownic, używanych głównie przez doświadczonych serwisantów, ale i hobbystów elektroników. W zasadzie wszystkie modele stacji lutowniczych wyposażone są w kontrolę i stabilizację temperatury grotu. Nie rzadko posiadają też szereg funkcji poprawiających komfort pracy np. szybki wybór zaprogramowanych temperatur jak i oszczędzających energię

elektryczną, grot lutownicy oraz jego element grzejny (funkcja Sleep). Tego typu konstrukcje są również bardziej wytrzymałe niż sprzęt amatorski, przystosowane są do długotrwałej pracy np. w serwisach elektronicznych.



#### YIHUA 939D+ IV 120W – Duża moc!

- Ciekawa stacja wykorzystująca popularne grototy typu 900M.
- Czytelny wyświetlacz temperatur.
- Szybki wybór spośród zaprogramowanych przez użytkownika trzech temperatur.

#### BAKON 969D+ 75W

##### W 3 sekundy osiąga zadana temperaturę!

- Stacja wykorzystuje grototy T12 i T13 z wbudowaną grzałką – przyspiesza to ich rozgrzewanie.
- Stacja o bardzo małej awaryjności i wielkich możliwościach.



Temperatura pracy 200 – 480°C, w przypadku stacji Yihua 939D+ IV oraz 180 – 480°C dla modelu Bakon 969D+. Obie stacje idealnie nadają się do pracy z grubym jak i cienkim laminatem PCB. Do obu stacji oferowana jest bardzo szeroka gama dostępnych grotów odpowiednio 900M dla YIHUA 939D+ IV oraz T12 i T13 dla stacji Bakon 969D+. W obu urządzeniach zastosowano funkcję autosleep, oraz możliwość kalibracji. Wbudowane wyświetlacze LCD wyświetlają aktualną temperaturę grotu. Natomiast wskaźnik aktualnej mocy wyświetlany na ekranie LCD i grototy z wbudowaną grzałką to cechy modelu Bakon 969D+.

Powyższe stacje lutownicze posiadają precyzyjną stabilizację temperatury grotu, która mierzona jest w jego wnętrzu. Układ elektronicznej regulacji opartej na procesorze PID szybko reaguje na upływ ciepła podczas lutowania i dostarczając odpowiedni poziom mocy do grzałki niweluje straty, dzięki czemu temperatura procesu lutowniczego utrzymywana jest na zadanym poziomie.

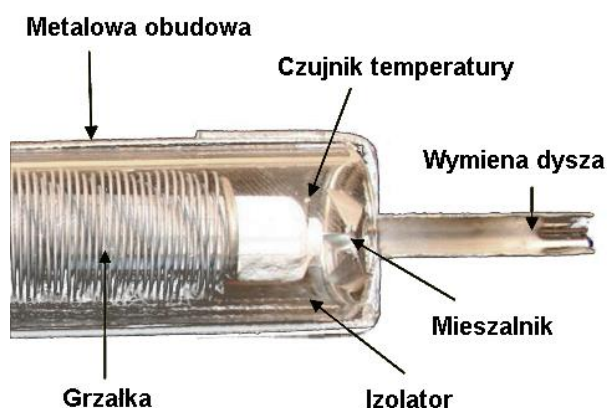


## 2.4 Stacje lutownicze na gorące powietrze (Hot Air).

Lutowanie współcześnie stosowanych układów elektronicznych realizuje się również techniką rozgrzewania przy pomocy gorącego powietrza. Jest to tak zwane lutowanie bezdotykowe. Metoda ta stosowana jest głównie do obwodów drukowanych wytwarzanych techniką montażu powierzchniowego. W tym przypadku mieszanina spoiwa i topnika jest nakładana w postaci pasty na odpowiednie miejsca (pola lutownicze) obwodu drukowanego. Po umieszczeniu elementów elektronicznych na polach lutowniczych, płytę i elementy na niej rozgrzewa się gorącym powietrzem. Po stopieniu pasty lutowniczej następuje połączenie elementów z obwodem drukowanym.

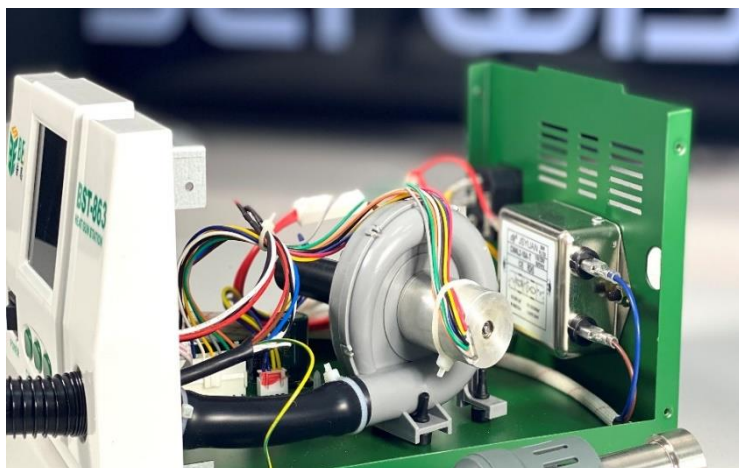
### 2.4.1 Budowa i zasada pracy urządzeń typu Hot Air.

Urządzenia do pracy z wykorzystaniem gorącego powietrza to zarówno nowoczesne stacje lutownicze oraz bardzo proste w konstrukcji kolby typu Hot Air Gun. Zasada pracy tych urządzeń, bez względu na stopień zastosowanych w nich technicznych rozwiązań w budowie, opiera się na tych samych procesach. Strumień powietrza wytwarzany jest w zależności od rozwiązania przez kompresor, turbinę bądź dmuchawę a następnie podgrzewany do żądanej temperatury w wyniku przepływu przez element grzejny – najczęściej jest to spiralna grzałka nawinięta na ceramicznym korpusie. Nad utrzymaniem zadanej temperatury czuwa układ elektroniczny, który reguluje temperaturę i przepływ powietrza, ale nierzadko też czas pracy i inne parametry. Strumień powietrza kierowany jest na lutowane elementy za pomocą wymiennych dysz o zróżnicowanej geometrii, szerokości, średnicy oraz długości dobieranych w zależności od potrzeb operatora.



Na rysunku obok przedstawiono przekrój poprzeczny końcówki kolby stacji gorącego powietrza Hot Air.

W zależności od rodzaju zastosowanego elementu generującego przepływ powietrza urządzenia Hot Air można podzielić na te, które posiadają kompresor lub turbinę wbudowaną w stację oraz te, które dmuchawę umiejscowioną mają w kolbie. Pierwsze rozwiązanie wymusza stosowanie węża, którym powietrze dostarczane jest do elementu grzejnego i dyszy. Takie urządzenia mają większą wydajność w stosunku do urządzeń z dmuchawą w rękojeści, w których z kolei zaletą jest brak mniej wygodnego węża, jest tylko przewód elektryczny.



Na zdjęciu obok znajduje się przykład stacji Hot Air z turbiną powietrzną.

Zdjęcie po lewej pokazuje konstrukcję kolby Hot Air Gun z wbudowaną dmuchawą.



Należy zwrócić uwagę, iż stacje z wbudowanym kompresorem lub turbiną jak BEST BST-863 czy QUICK 861DW, zapewniają dość wysoki przepływ powietrza osiągający nie rzadko 120L/min. Są to zazwyczaj większe konstrukcje niż kompaktowe coraz popularniejsze stacje z wbudowaną dmuchawą w rękojeść. Stacje z wbudowaną dmuchawą w rękojeść w formie małej turbinki, są unowocześniane i najnowsze konstrukcje osiągają wydajność przepływu powietrza zbliżoną do wersji z wbudowanym kompresorem. Dzięki kompaktowym wymiarom, cichszej pracy a przede wszystkim brakiem grubego węża doprowadzającego powietrze do kolby, są coraz częściej wybierane.



#### YIHUA 959D

Klasyczny przykład kompaktowej stacji na gorące powietrze z dmuchawą wbudowaną w kolbę.



### QUICK K8

Jest to następca modelu **861DW** uznawanego za jedną z najlepszych modeli stacji na gorące powietrze z turbiną w obudowie stacji.



## 2.4.2 Zasady bezpiecznego używania urządzeń typu Hot Air.

- Nigdy nie używaj kolby Hot Air w pobliżu materiałów łatwopalnych lub palnych.
- Nie wolno lutować kolbą z dyszą umieszczoną zbyt blisko przedmiotu lutowanego. Umieszczenie urządzenia w ten sposób ogranicza przepływ powietrza, co może spowodować pożar i stwarzać ryzyko obrażeń.
- Kratki wlotu powietrza powinny być wolne od przeszkód. Zakryte lub zasłonięte kratki wlotowe, mogą spowodować przegrzanie, przepalenie a nawet pożar.
- Ponieważ urządzenia Hot Air pobierają dużo energii, staraj się nie używać ich z przedłużaczem. Jeśli jednak występuje taka konieczność to przewód zasilający musi być o odpowiednim przekroju żył. Również całkowicie rozwiń przewód przed użyciem, by nie powstały dodatkowe indukcyjności.
- Nie umieszczaj dyszy obok innych przedmiotów, gdy jest gorąca.
- Nie pozwól, aby dysza zbliżyła się do odzieży lub skóry.
- Nie wkładaj ciała obcych do dyszy wylotowej kolby Hot Air.
- Wyłącz urządzenie przed postawieniem kolby na jakiegokolwiek powierzchni.
- Pozostaw kolbę do ostygnięcia przed odłożeniem

### 2.4.3 Lutowanie za pomocą urządzeń Hot Air.

W celu zabezpieczenia elementów znajdujących się w pobliżu wylutowywanego podzespołu przed przegrzaniem oraz ewentualnym ich przemieszczeniem pod wpływem strumienia powietrza, należy je zabezpieczyć (okleić) samoprzylepną taśmą wykonaną z odpornego na wysoką temperaturę kaptonu lub aluminium.

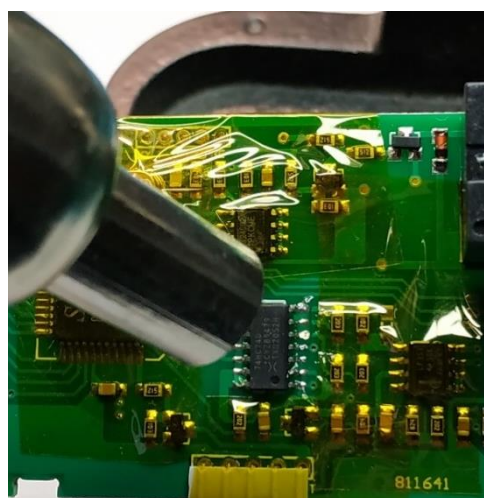


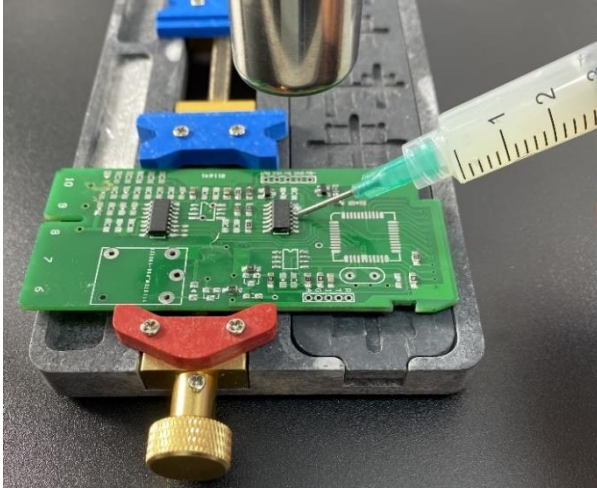
Wysokotemperaturowa taśma kaptonowa z klejem.

Poniżej aluminiowa taśma klejąca.



Zabezpieczoną taśmą płytkę można umieścić w uchwycie typu **trzecia ręka** lub na **macie wysokotemperaturowej** bądź innej odpornej na wysokie temperatury powierzchni.

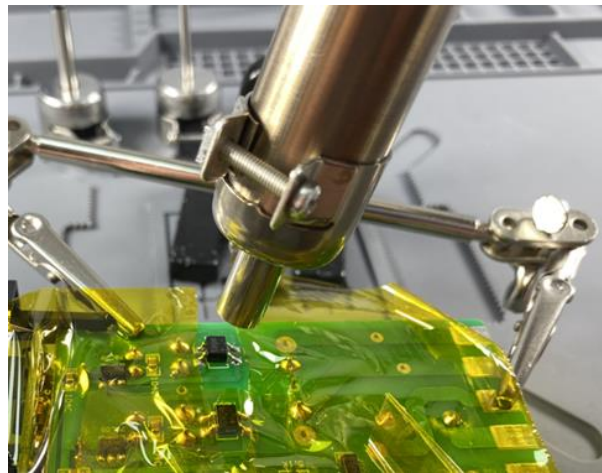




**Zastosuj odpowiedni topnik.**

Więcej informacji o topnikach znajdziesz w dalszej części poradnika.

W celu dostarczenia odpowiedniej ilości gorącego powietrza do lutowanych elementów **dobierz kształt i rozmiar dyszy** odpowiedni dla kształtu lutowanych elementów.



## 2.4.4 Rodzaje dysz i sposób ich mocowania.



Przykład dostępnych dysz do stacji YIHUA mocowanych **na wcisk**.



Najpopularniejsze są dysze o średnicy montażowej 22mm mocowane za pomocą **połączenia śrubowego**. Ich wymiana nie jest szybka, ale masz do wyboru bardzo szeroką gamę dysz, których próżno szukać wśród innych systemów mocowań.

Dysze o średnicy montażowej 21,8mm  
Stosowane w stacjach BEST czy QUICK.  
**Mocowane na zatrzask.**



## 2.4.5 Dobór temperatury gorącego powietrza.

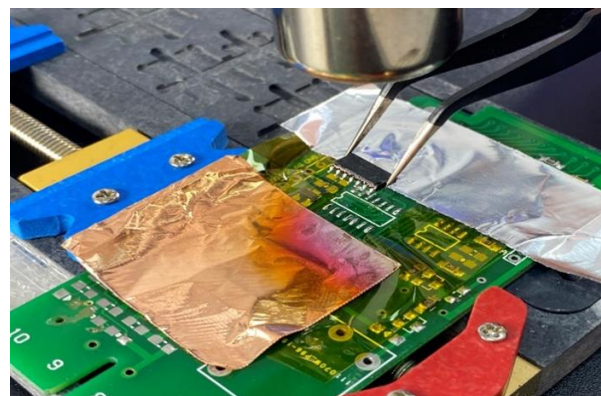
Dobór odpowiedniej temperatury gorącego powietrza dostarczanego przez stację lutowniczą zależy od wielu czynników. W pierwszej kolejności należy brać pod uwagę rodzaj zastosowanego spoiwa lutowniczego. Stosowane spoiwa różnią się składem chemicznym oraz proporcjami zastosowanych materiałów. Obecnie stosowane spoiwa można podzielić na **ołowiowe** i **bezołowiowe**. Omówimy to w dalszej części poradnika.

Następnymi czynnikami, które bierzemy pod uwagę są: rodzaj (grubość, ilość warstw) użytego laminatu oraz wielkość lutowanych elementów. Te czynniki musimy uwzględnić dobierając wielkość przepływającego powietrza. Ten parametr ustawiamy obserwując rozplływ spoiwa i zachowanie elementu lutowanego/wylutowanego. W nowoczesnych stacjach wielkość przepływającego powietrza można regulować płynnie w bardzo szerokim zakresie i zmieniać podczas trwania całego procesu.



Po ustawieniu powyższych parametrów tj. temperatury, przepływu powietrza przystępujemy do wylutowania elementów.

W momencie, kiedy zaobserwujemy, że spoiwo zaczyna się rozplýwać można usunąć wylutowany element za pomocą pęsety lub szczypiec.





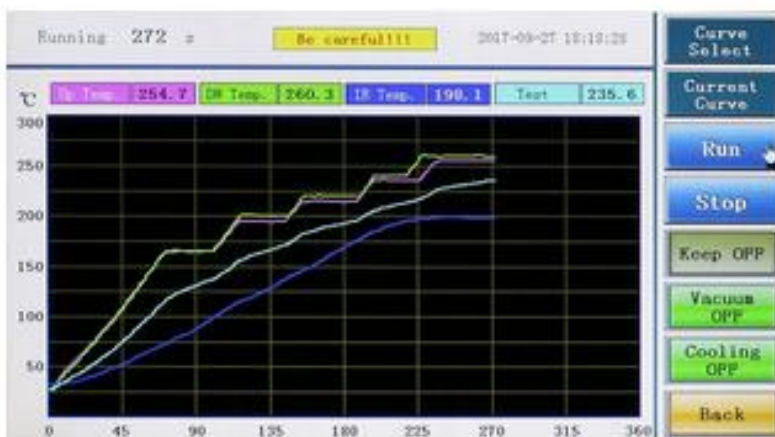
## 2.5 Stacje lutownicze BGA.



### Wisdomshow WDS-620

To jeden z najpopularniejszych modeli stacji BGA o mocy 5300W. Stacja wyposażona jest w systemem optycznego pozycjonowania układu względem laminatu. Posiada również pełną automatykę procesu lutowniczego zgodnie z normami IPC-7711/21, IPC-7095C.

Wisdomshow **WDS-620** to profesjonalne i nowoczesne rozwiązanie do demontażu i montażu układów BGA, uBGA, CBGA, CCGA, CSP, QFN, MLF, PGA wykorzystywane w serwisach elektroniki użytkowej, medycznej, telekomunikacyjnej, wojskowej, samochodowej. Wszystkie parametry tj: zadana temperatura, czas grzania, szybkość przyrostu temperatury w czasie, czas chłodzenia, czas pracy chwytaka podciśnieniowego można ustawić niezależnie korzystając z dotykowego panelu sterującego MCGS LCD Human–Machine Interaction (HMI) z ekranem HD o przekątnej 7".



Wyświetlacz stacji pokazuje wszystkie parametry pracy w czasie rzeczywistym. Przedstawia również, na wykresie, graficzną wizualizację stanu procesu lutowniczego.



## 2.6 Rozlutownice.

Rozlutownica elektryczna to połączenie odsysacza do cyny i lutownicy w jednym. Produkt idealnie sprawdza się w przypadku usuwania znacznej ilości elementów elektronicznych. Urządzenie po włączeniu rozgrzewa dyszę ssącą do temperatury wyższej od temperatury topnienia cyny, dzięki czemu z łatwością usuwa spoiwo i magazynuje je w zbiorniczku wewnątrz. Rozlutownice tego typu nie rzadko oferowane są z wymiennymi dyszami ssącymi różnej wielkości. Po przyłożeniu dyszy do pola następuje roztopienie cyny. Następnie po manualnym zwolnieniu przycisku rozlutownica wciąga płynne spoiwo, pozostawiając czyste pole na laminacie.



### YIHUA 948-III 250W

Dobra, gdy nie mamy dużo miejsca do zagospodarowania. **Lutownica i rozlutownica** w jednym.

Duża moc i uniwersalność grotów **900M** zamknięta w małej stacji.

### XS-842SD 30W

Idealne przekazanie temperatury sprawia że demontaż i konserwacja przebiega sprawnie i bez przegrzania elementów elektronicznych.

Idealnie nadaje się do każdego typu spoiwa.



**Z doświadczenia radzimy po skończonej pracy opróżnić zbiornik, i dokładnie oczyścić dyszę przy pomocy szpilki z zestawu, tak, aby pozostała wewnątrz cyna nie zapychała kanału ssącego.**

Istnieje również tańsza alternatywa tego produktu tj. ręczny odsysacz cyny - więcej o nim dowiesz się w części poświęconej akcesoriom lutowniczym.

### 3. Akcesoria Lutownicze.

To szeroki dział produktów **poprawiających, jakość prac lutowniczych**. Ilość dostępnych akcesoriów lutowniczych jest bardzo duża. W tym poradniku skupimy się na produktach podstawowych i jednocześnie najważniejszych, tych, które z pewnością znajdą swoje zastosowanie podczas wykonywanych przez Ciebie zadań. Pomogą Ci one w odniesieniu sukcesu, bez ponoszenia niepotrzebnych kosztów.

#### 3.1 Stopy lutownicze i ich rodzaje.



Cyna firmy **Cynel**, to jedno z lepszych spoiw dostępnych aktualnie na rynku. Odpowiednio dobrana mieszanka stopu czy to ołowiowego czy bezołowiowego z dodatkiem topnika to również gwarancja długiej żywotności elektroniki.

W zależności od tego, jaki rodzaj prac lutowniczych będzie wykonywany, potrzebujemy odpowiedniej **grubości i rodzaju spoiwa**. W zakresie prostych prac lutowniczych będziesz posługiwał się dwoma głównymi rodzajami **spoiwa ołowiowym i bezołowiowym**. Każda z nich posiada odmienne właściwości użytkowe i skład. Oba stopy zostały poniżej opisane. Wymieniliśmy ich najważniejsze cechy.

##### **Stop ołowiowy S-SN60Pb40 (najpopularniejszy)**

- oznaczenie stopu: S-SN60Pb40 (cyna 60%, ołów 40%)
- zawartość topnika 2.5%
- temperatura topnienia spoiwa: 183°C do 190°C
- stosowana temperatura pracy: od 300°C do 330°C

##### **Stop bezołowiowy S-Sn99,3Cu0,7**

- oznaczenie stopu: S-Sn99,3Cu0,7 (cyna 99,3%, miedź 0,7+/-0,2%)
- zawartość topnika 2.5%
- temperatura topnienia spoiwa: 227°C
- stosowana temperatura pracy: od 370°C do 400°C

Pamiętaj, podana przez nas „stosowana **temperatura pracy**” to temperatura, podczas której proces lutowania przebiega najskuteczniej. Oczywiście należy wziąć poprawkę ze względu na **skale elementów** lutowanych, **grubość laminatu** czy **moc naszej lutownicy**. Elementy lutowane i laminat płyty działają podczas procesu lutowniczego jak **radiator** tj. odbierają ciepło. Rozpraszają wytworzoną energię ciepłą wymuszając jednocześnie ustawienie wyższej temperatury na lutownicy.

Gdy pomimo odpowiedniego ustawienia temperatury lutownie nie chce rozpuścić się poprawnie, ustaw ją o 20 stopni wyższą. Nadmiar temperatury skutecznie rozwiąże problem pochłaniania energii cieplnej przez elementy pośrednie.

Z opisu powyższych spoiw możemy odczytać, że właściwości cyny **ołowiowej** pozwalają na prace w znacznie **niższej temperaturze** topnienia. Ryzyko uszkodzenia układu czy odparzenia ścieżki jest na niższym poziomie niż w przypadku lutowania z użyciem cyny **bezołowiowej** gdzie **temperatura** topnienia jest **znacznie wyższa**.

Jak zauważyłeś oba stopy posiadają już w sobie **domieszkę topnika** 2,5%. Powinno nas to zwolnić z konieczności użycia topnika dodatkowego. Niemniej jednak lepiej mieć w zapasie **dodatkowy topnik**. Ponadto stosując cynę ołowiową mamy mniejsza szanse na **utworzenie zimnych lutów**, czyli połączeń o słabej, jakości, pod względem przewodnictwa czy wytrzymałości mechanicznej.



Obecność ołowiu, czyli metalu ciężkiego sprawiła że **1 lipca 2006 roku, Unia Europejska wprowadziła ograniczenie używania** substancji niebezpiecznych w sprzęcie elektronicznym (RoHS), w tym **ołowiu w stopach lutowniczych**. Wymusiło to szereg zmian w procesach produkcyjnych, niekiedy zmieniając je na znacznie bardziej energochłonne i trudniejsze w wykonaniu, a jednocześnie osłabiając żywotność i wytrzymałość układów elektronicznych. Branże wojskowa, lotnicza i medyczna nie zostały objęte tymi obostrzeniami.

Podsumowując zdecydowanie polecamy **spoiwo ołowiowe** z uwagi na niższą temperaturę topnienia. Ten typ spoiwa świetnie sprawdzi się podczas naprawy elektroniki użytkowej, czy rzeczy gdzie wymagana jest dokładność i jakość prac z uwagi na lepszą **wytrzymałość, przewodnictwo** jak i **łatwość aplikacji**.

**Spoiwo bezołowiowe** to świetne rozwiązanie w przypadku łączenia ze sobą grubych przewodów, czy prac wykonywanych przez bardziej doświadczonych elektroników, którzy muszą je wykonać zgodnie ze ścisłą specyfikacją producenta.

Należy pamiętać również o spoiwie lutowniczym w postaci **pasty lutowniczej**, czyli innymi słowy sproszkowanej cynie wymieszanej z produktami ropopochodnymi, które w procesie lutowniczym odparowują. Uzyskujemy wtedy wysoką precyzję lutowania, dlatego taka forma spoiwa używana jest dość często przy lutowaniu układów SMD w obudowach QFP.

Pasty lutownicze tego typu występują również z **domieszką bizmutu**, dzięki czemu obniżono ich temperaturę topnienia do **138°C**, co ma bezpośredni pozytywny wpływ na ograniczenie ekspozycji laminatów PCB na wysoką temperaturę. Przykłady takich produktów obniżających temperaturę topnienia omawiamy w pkt 4.5.

## 3.2 Topniki lutownicze i ich rodzaje.

Topniki są bardzo ważnym składnikiem procesu lutowniczego. Dostępne są w wielu konsystencjach. Zaczynając od formy **płynnej**, po **stałą**, kończąc na postaci **pasty** lub **żelu**, popularnie nazywanego **fluxem**. Zatrzymajmy się na chwile i spróbujmy zrozumieć rolę, jaką odgrywa topnik podczas procesu lutowania.



Przykładowe topniki różnego rodzaju.

**Topnik spełnia trzy zadania, polegające na:**

- Usunięciu tlenków metali, występujących na powierzchniach lutowanych,
- Izolacji od dopływu powietrza do miejsca przez nas lutowanego. Tlen bierze czynny udział w procesie utleniania,
- Poprawia topliwości spoiwa, oraz jakość utworzonych przez nas połączeń,
- Ułatwia separację punktur lutowniczych podczas np. wlutowywania elementów SMD.

Najprostszym rodzajem bardzo popularnego topnika, bez którego trudno byłoby wyobrazić sobie proces lutowania jest **kalafonia**. Występuje w formie stałej i jest pochodzenia naturalnego, to po prostu żywica sosnowa. Mocno aromatyczną, bardzo krucha substancja w kolorze bursztynowym lub żółtym o niskiej topliwości. Większość majsterkowiczów i zaawansowanych specjalistów używa od zawsze kalafonii do prostych prac lutowniczych. Obecnie jest wypierana przez pasty lutownicze i inne bardziej zaawansowane topniki.



**Kalafonia lutownicza firmy Cynel**

- Polecana do prostych prac lutowniczych.
- Forma stała.

Kolejnym topnikiem jest **topnik w formie pasty**. Idealnie sprawdza się w przypadku szybkiego i skutecznego pobielania końcówek przewodów. Świetnie się rozpuszcza, delikatnie paruje. Idealnie sprawdza się również podczas lutowania elementów elektronicznych większej skali czy elektroniki niewymagającej szczególnej dokładności.



#### AG pasta do lutowania

- Polecana szczególnie do pobielania końcówek przewodów.
- Forma pasty.

Dalej mamy już specjalistyczne topniki wykorzystywane głównie przez profesjonalistów i hobbystów elektroniki, co oczywiście nie przeszkadza by i amatorzy stosowali je do swoich zastosowań.

**W tej grupie wyróżniamy kilka rodzajów topników. Skrótów nazw pochodzą od składu topnika.**

- **RMA** – to topnik kalafoniowy ze średnią ilością aktywatora. Jego miękkość i czystość sprawia że idealnie nadaje się do prac z materiałem łatwym do polutowania. Jego pozostałości są bezpieczne i nie przewodzą prądu elektrycznego.
- **R** – to topnik złożony z kalafonii i rozpuszczalnika. Ze względu na twardość i niską aktywność, idealnie stosuje się go na czystych nieutlenionych powierzchniach.
- **RA** – to topnik aktywowany, składa się z kalafonii, rozpuszczalnika i aktywatora. Świetnie stosuje się go na powierzchniach wysoko utlenionych. Jego pozostałości należy jak najszybciej usunąć z obrabianej powierzchni, gdyż mogą ją uszkodzić.
- **NC** – to topnik wykonany z kalafonii, rozpuszczalnika i aktywatora w niewielkiej ilości. Umiarkowana aktywność sprawia że idealnie sprawdza się podczas lutowania BGA/SMD. Pozostałości są bezpieczne i łatwe do usunięcia z pomocą rozpuszczalnika.

Należy zwrócić uwagę, iż w zależności od rodzaju wykonywanych prac zaleca się użycie **odpowiedniej formy topnika**: płynnej, stałej lub w postaci żelu.



#### Topnik Alpha RMA-7

- Polecany szczególnie do lutowania układów w obudowie SMD/BGA.
- Forma konsystencji – żel.



Topnik **Alpha RMA-7** w postaci żelu świetnie sprawdza się podczas pracy z użyciem sit do reballingu BGA, czyli wymiany kulek pod układami BGA. Z uwagi na swój stopień lepkości, nie sprawia problemów z nanoszeniem spoiwa w formie kulek BGA. Nie magnetyzuje ich, ani nie przemieszcza w sposób niekontrolowany po całym układzie BGA w momencie podgrzewania go do temperatury wyższej od temperatury topnienia spoiwa (moment rozplýwu lutowia).

#### Topnik AMTECH NC-559-ASM-UV (TPF)

- Polecany, jako uniwersalny do wszelkich prac lutowniczych.
- Postać żelu.



**UWAGA.** Gdy spod twojego układu BGA wydostaje się zbyt dużo bąbli powietrza podczas procesu wlutu oznacza to, że użyłeś zbyt dużej ilości topnika. Oczyść układ i pola lutownicze, ponownie nałóż topnik tym razem używając go mniej.

Topniki pokazują swoje najlepsze cechy, gdy lutujemy układy SMD np. w obudowie QFP. Występuje wówczas problem powstawania połączeń pomiędzy wyprowadzeniami układu podczas ich lutowania, ponieważ układy takie mają niewielkie odległości pomiędzy kolejnymi wyprowadzeniami. Żeby poradzić sobie z tym problemem wystarczy dokładnie oczyścić grot lutownicy i po uprzednim posmarowaniu topnikiem miejsca złączenia wyprowadzeń, należy delikatnie dotknąć ich rozgrzanym grotem. Nadmiar spoiwa powinien znaleźć się na grotcie lutownicy.

**Pozostawienie nie oczyszczonej spoiny w układach SMD spowoduje zwarcie podczas uruchomienia układu a w konsekwencji prawdopodobieństwo trwałego uszkodzenia!**



#### Układ SMD w obudowie QFP.

- Idealnie obrazuje dokładność wymaganą podczas jego lutowania.

Topnik w formie płynnej dobrze sprawdza się podczas **lutowania rozplýwowego** czyli tzw. metodą **reflow**. Tą metodę lutowania z wykorzystaniem **płynnego topnika** stosujemy w życiu codziennym w sytuacji, kiedy jest podejrzenie, iż na danym laminacie jakieś komponenty posiadają spoiwo, które „nie łączy” lub doszło do jakiś niewielkich uszkodzeń mechanicznych np. pod układem BGA, które ciężko jednoznacznie zidentyfikować. Należy wtedy rozprowadzić płynny topnik na obszarze laminatu, na którym mogło dojść do uszkodzenia cyny a następnie podgrzać cały laminat na podgrzewaczu np. PUHUI T8220. Płynny topnik ułatwi topnienie cyny oraz jej ponowne połączenie w miejscach uszkodzenia.



#### Topnik RF800.

- Polecany szczególnie podczas wykonywania procesu reflow.
- Forma płynna.

#### PUHUI T8280 1600W

Popularny model podgrzewacza PCB.



### 3.3 Dodatkowe narzędzia i wyposażenie.

Ręczne odsysacze do cyny to popularna i świetna alternatywa odsysaczy elektrycznych. Są w stanie usunąć spoiwo równie dokładnie, co odsysacz elektryczny. Niemniej jednak wymagają one znacznie lepszego refleksu i koordynacji. Nie posiadają wbudowanej grzałki, a ich zadanie polega jedynie na próżniowym wciągnięciu uprzednio roztopionego przez lutownice spoiwa. Główną wadą jest chwilowy moment odsysania oraz szybko zużywające się końcówki. Natomiast atutem ręcznego odsysacza jest niska cena oraz wysoka skuteczność podczas poprawnego korzystania.



#### Popularny ręczny odsysacz spoiwa lutowniczego

Wylutowanie wykonujemy w przypadku, gdy występuje uszkodzenie któregoś z elementów lub podczas poprawek przy montażu elementów w obwodzie. Do tych czynności możemy również użyć plecionki lutowniczej oprócz wymienionego wyżej odsysacza. Całe zadanie polega na odpowiednim i umiejętnym podgrzaniu spoiwa oraz usunięciu go z pól lutowniczych poprzez zwolnienie przycisku w odsysaczu bądź przyłożenie plecionki. Pamiętaj, aby nie używać zbyt dużej temperatury, która może doprowadzić do odklejenia pól lutowniczych od laminatu, jak również nie doprowadzi do przegrzania elementu.



### Plecionka lutownicza

Pokryty topnikiem spłot miedzianych bardzo cienkich drucików, który skutecznie pomaga podczas usuwaniu spoiwa lutowniczego.

## 3.4 Preparaty czyszczące po procesach lutowniczych.

Po skończonym procesie lutowniczym na powierzchniach lutowanych laminatów PCB, często pozostają resztki utlenionego spoiwa, topnika bądź jego nadmiar. Większość sprzedawanych topników nie wymaga czyszczenia, są one neutralne dla laminatów, jednak warto przeprowadzać proces czyszczenia również ze względów estetycznych.

Nie należy zapominać o tym, że wiele topników jest dość agresywnych, a pozostawienie resztek na laminacie może doprowadzić do uszkodzenia warstwy lakieru ochronnego, ścieżek miedzianych jak i elementów elektronicznych. Jeżeli nie wiesz jak zadziała topnik, którego użyłeś to dla pewności usuń jego pozostałości.

Do usuwanie pozostałości po procesie lutowniczym, najczęściej stosuje się:

- Czysty alkohol izopropylowy 99,9% nazywany potocznie izopropanolem.
- Nowoczesne cleanery np. KT-5, które bardzo skuteczne neutralizują topniki oraz pozostawiają czysty i zabezpieczony laminat.



PCB Cleanser KT-5



izopropanol Cleanser IPA

### 3.5 Konserwacja i czyszczenie grotów.

Laminaty nie są jedynymi elementami wymagającym czyszczenia po skończonej pracy. Grot naszej lutownicy jest równie wrażliwy na czynniki mechaniczne jak i chemiczne. Ważnym aspektem jest, aby poprawnie go oczyścić po skończonej pracy oraz zabezpieczyć go do następnego użytku. Grot lutowniczy nieustannie nagrzewa się do wysokich temperatur, najczęściej spotykana temperatura pracy to 320°C. Grot staje się wtedy plastyczny i podatny na rozwarstwianie, co z kolei wzmacnia proces utleniania.



#### **Nigdy nie używaj do czyszczenia grotów papieru ściernego!**

Po skończonej pracy na wierzchniej części grotu pozostają odpady w formie utlenionego spoiwa i topnika. Usunąć możemy je tylko przy pomocy delikatnie zwilżonej wodą gąbki lub np. mosiężnego druciaka. Odpadki skutecznie zostają ściągnięte z naszego grotu nie uszkadzając go.

Następnie polecamy zamoczenie rozgrzanego grotu w topniku i pokrycie go cienką warstwą spoiwa lutowniczego. Powstała w ten sposób warstwa czystego spoiwa skutecznie uniemożliwi korozję grotu oraz wydłuży jego żywotność.

W przypadku szczególnie zabrudzonych bądź utlenionych grotów, polecamy użycie odświeżacza chemicznego. Nie jest to drogie rozwiązanie a po jego użyciu grot wygląda jak nowy.



#### **TIP REFRESHER**

Doskonały chemiczny odświeżacz grotów.

#### **Procedura użycia odświeżacza:**

1. Rozgrzej grot do temp 300°C-360°C.
2. Rozgrzany grot umieść w odświeżaczu na kilka sekund.
3. Gdy grot został nagrzany do odpowiedniej temp, następuje roztopienie substancji aktywnych, które wchodzi w reakcję z tlenkami na grocie. Towarzyszy temu uwalnianie niewielkich bąbelków powietrza (bez dymu i wrzenia).
4. Zawarta w odświeżaczu cyna pokryje cienką warstwą powierzchnię grotu co zabezpieczy grot przed utlenianiem.



#### Rzeczywisty wygląd grotów

- Przed procesem odświeżania (na dole).
- Po procesie odświeżania (u góry).

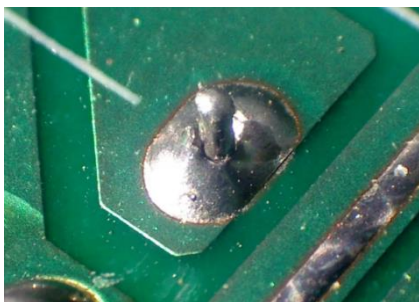
## 4. Zasady lutowania.



**Obecność odpowiedniego topnika jest zawsze wymagana**, niezależnie od typu wykonywanych przez nas połączeń lutowanych. Brak topnika sprawia, że lutowanie staje się trudne, niedokładne i nietrwałe. Ponadto spoiwo lutownicze nie wypełnia pól lutowniczych bądź nie zostaje na żyłach przewodu. Trudno się roztopia a jej nadmiar nie zostaje na grocie lutownicy. O ile uda się ją roztopić i nanieść na materiał, który chcemy polutować, to po czasie zacznie się kruszyć, odpadać a połączenie straci przewodnictwo. Jednocześnie jej powierzchnia przybierze charakterystyczną fakturę, będzie szara i chropowata. Wygląd ten świadczy, że w przyszłości w takim miejscu może dojść do występowania popularnego zjawiska potocznie zwanego **zimnym lutem**.



**Jak możemy uniknąć zjawiska tzw. zimnych lutów** oraz czym jest to zjawisko? Zimny lut, zimny styk, [ang. Cold Solder Joint] to nic innego jak niepoprawnie wykonane połączenie. Powstaje w momencie niespełnienia głównego warunku poprawnego lutowania, gdy lutowanie odbywa się, przez bezpośrednie stopienie lutu lutownicą, a nie pośrednio stopienie przez łączenie ze sobą metali. Materiał łączony (drut, przewód) jak i materiał dodatkowy lut (cyna) muszą zostać podgrzane do temperatury znacznie większej niż temperatura topnienia spoiwa! Temperatura skutecznie przenika wewnątrz elementu lutownego, poprawnie roztopiając spoiwo i skutecznie łącząc elementy ze sobą.

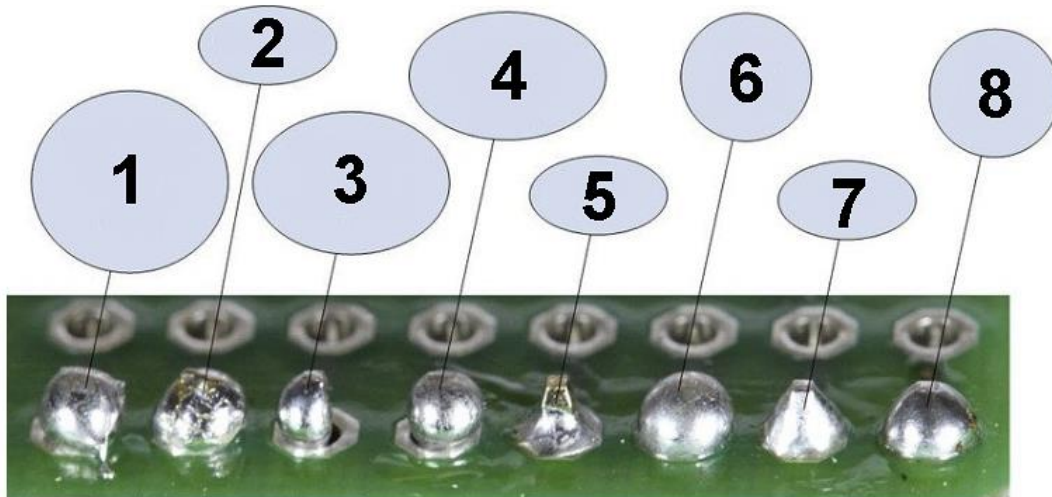


#### Przykład tzw. zimnego lutu.

- Jest to realny wygląd nieprawidłowo przeprowadzonego procesu lutowniczego.



Aby skutecznie unikać powstawania zimnych lutów, zaleca się przede wszystkim używanie właśnie zwilżającego spoiwa „topnika”. Skutecznym jest również pobilenie spoiwem pól lutowniczych. Tym sposobem również hamujemy wytwarzanie się tlenków metali na powierzchni lutowanego przez nas materiału. Pamiętajmy również o właściwej temperaturze pracy. Zimny lut szczególnie lubi występować w sytuacji, gdy cyna nie jest odpowiednio rozgrzana. Temperaturę pracy dobieramy odpowiednio do spoiwa, na którym aktualnie pracujemy.



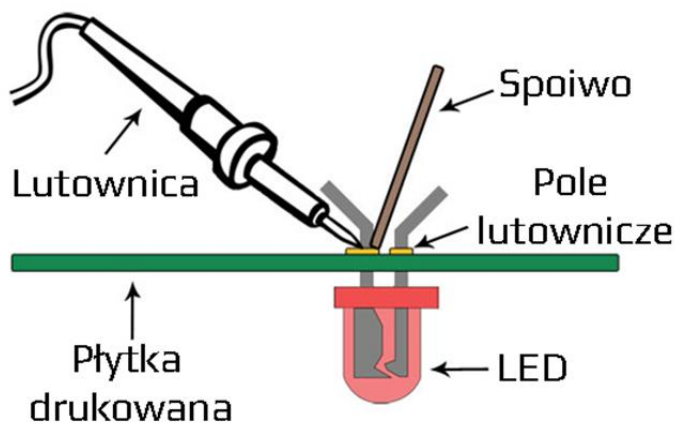
Powyższa grafika pokazuje różnice w poprawności wykonanych połączeń lutowanych.

#### Opis poszczególnych połączeń:

- 1 – zimny lut z niedostatecznym zwilżeniem padów
- 2 – zimny lut – brak topnika
- 3 – zbyt krótki czas procesu lutowniczego
- 4 – niedostateczne zwilżenie padów
- 5 – zbyt mała ilość spoiwa lutowniczego
- 6 – za dużo spoiwa lutowniczego
- 7 – poprawna spoina – OK
- 8 – spoina akceptowalna



Pamiętajmy także o kolejności rozgrzewania podczas poprawnego lutowania. Nie lutuj grzejąc bezpośrednio spoiwo! Lutuj pośrednio, grzejąc poprzez łączony metal. Przyłóż grot do pola lutowniczego, następnie dotknij spoiwem do rozgrzanego miejsca. Po spełnieniu tych warunków w efekcie otrzymujemy idealny symetryczny błyszczący lut.



Grafika ukazująca kolejność rozgrzewania oraz sposób poprawnego lutowania.

W tym przypadku lutowanie diody LED.

## 4.1 Praktyczne wskazówki podczas lutowania.

Przed wszystkim **ćwicz i próbuj**, tylko tak nabierzesz praktycznych umiejętności.

Poniżej przygotowaliśmy kilka praktycznych i wskazówek, które pomogą Ci w łatwiejszym przechodzeniu nauki lutowania oraz pozwolą uniknąć często spotykanych błędów. Stosujemy je od dawna i możemy śmiało powiedzieć, że wpłynęły pozytywnie, na jakość naszej pracy.

## 4.2 Ustawienie właściwej temperatury.

Pamiętaj, że w zależności od użytej lutownicy oraz zastosowanych grotów nie zawsze temperatura, którą ustawisz będzie tą, którą uzyskasz na grocie. Im prostsza lutownica tym ta różnica będzie większa. Droższe lutownice wyposażone w grot z czujnikiem temperatury różnicę między temperaturą ustawioną z uzyskaną będą miały zminimalizowaną. Do tego każda profesjonalna lutownica posiada możliwość kalibracji temperatury tj. jej korekcji względem ustawionej wartości.

Ustawienie temperatury zależne jest od:

- **Rodzaju używanego spoiwa,**  
do 250°C dla spoiwa ołowiuowego Sn60Pb40  
do 350°C dla spoiwa bezołowiowego Sn99,3Cu0,7
- **Rodzaju stosowanych laminatów,**  
Grube wielowarstwowe umasowione laminaty będą wymagały albo wyższej mocy twojej lutownicy albo wyższej temperatury
- **Absorbacji termicznej lutowanych elementów,**  
Inaczej lutujemy elementów SMD a inaczej dużych złączy transformatora.

Przed rozpoczęciem pracy warto zapoznać się z właściwościami używanych materiałów. W ten sposób będziemy mogli odpowiednio skorygować ustawienie temperatury lutownicy uzyskując najlepsze efekty wykonywanych połączeń elektrycznych. W celu zbadania temperatury grota, polecamy użycie specjalistycznego termometru.

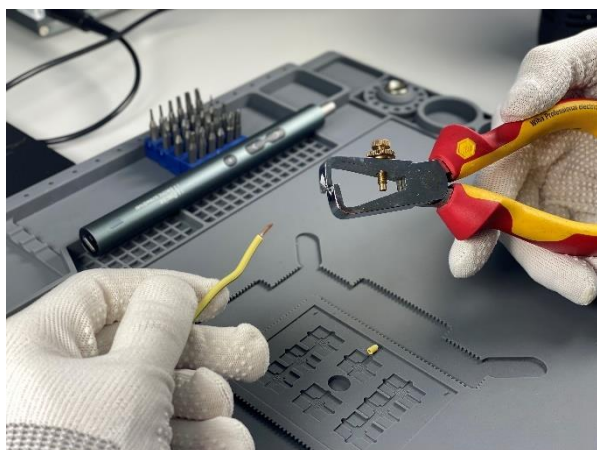


#### Miernik do pomiaru temperatury grotów

- Pozwala na dokładną kalibrację stacji lutowniczej.
- Odczytaną realną temperaturę grota wprowadzamy do ustawień stacji podczas kalibracji.

### 4.3 Lutowanie przewodów elektrycznych.

Podczas lutowania dwóch odcinków przewodu, skuteczną okazuje się technika splątania ze sobą żył metodą na „warkocz”. Zdejmujemy z przewodu część izolacji zewnętrznej, można użyć do tej czynności „ściągarki izolacji”. Po splątaniu ze sobą włókien pokryj miejsce łączenia topnikiem. Na koniec wystarczy dodać w miejsce łączenia spoiwo lutownicze podgrzewając całość lutownicą. Cyna w kontakcie z topnikiem zostanie równomiernie rozprowadzona po obszarze łączenia.



Ściągarka izolacji z przewodu, pozwala niezwykle szybko i precyzyjnie usunąć warstwę izolacji przewodu.

#### UWAGA:

Jeżeli przewody, które musisz połączyć są **stare i zaśniedziałe** a ich wymiana jest niemożliwa (np. wiązka przewodów w samochodzie) użyj do tego celu **topnika RT-9**.

**Jest to specjalistyczny topnik, który świetnie sprawdza się tam gdzie inne topniki nie były w stanie spełnić swojej funkcji.**

**RT-9 Specjalistyczna pasta do trudno lutowanych powierzchni i przewodów.**

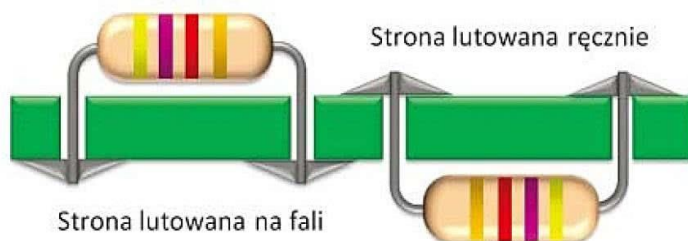


**Podstawowe obszary zastosowania pasty RT-9:**

- Lutowania trudno lutujących się przewodów np. utlenionych, pokrytych zielonkawym nalotem, oraz innych powierzchni, które uległy skorodowaniu,
- Pokrywania stopem cynowym trudnych powierzchni tj. zaśniedziałych, mocno zabrudzonych, trudnych do pobielenia,
- Pobelania nowych przewodów co znacząco przyspiesza proces pokrywania cyną,
- Lutowania miedzi, mosiądzu, brązu.

#### 4.4 Lutowanie elementów przewlekanych.

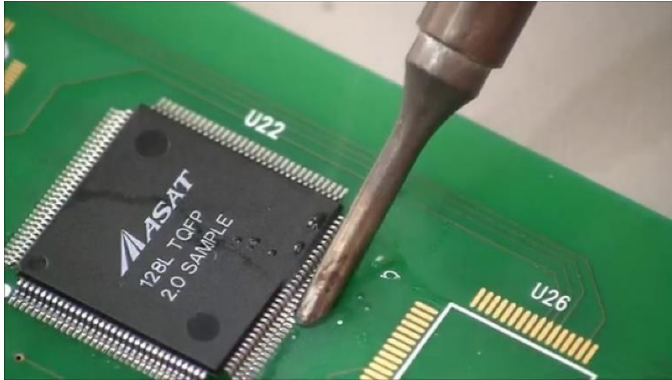
Lutowanie elementów przewlekanych polega na łączeniu wyprowadzeń elektrycznych elementów z laminatem, które znajdują się po drugiej stronie. Proces ten może być wykonywany manualnie lub półautomatycznie „na fali” w zastosowaniach przemysłowych. Po skończonym lutowaniu i właściwym połączeniu zamontowanych elementów z laminatem nadmiar końcówek można odciąć a sam laminat oczyścić izopropanolem lub dedykowanym preparatem KT-5.



Przekrój laminatu z elementami przewlekаныmi.

## 4.5 Lutowanie elementów SMD.

W przypadku tego typu elementów pomocna będzie cyna o mniejszym przekroju np. 0,5 mm i składzie zawierającym ołów np. Sn60Pb40. Możemy używać jej z większą precyzją dozowania jednocześnie nie martwiąc się o zbyt dużą jej ilość na zalutowywanym elemencie. Mniejsza temperatura topnienia spoiwa ołowiuowego sprawia, że układ poddawany jest mniejszemu stresowi temperaturowemu.



Układy scalone SMD lutujemy poprzez delikatne przeciąganie ściętym płaskim grotem wzdłuż wyprowadzeń układu. Zastosowanie niewielkiej ilości spoiwa lutowniczego i większej ilości topnika, skutecznie zapobiega połączeniu pomiędzy sąsiadującymi wyprowadzeniami układu.

Podczas wylutowywania elementów SMD można zastosować również spoiwo niskotemperaturowe czy pastę lutowniczą zawierające **bismut Sn42Bi58**, przez co temperatura topnienia będzie obniżona do **ok 138°C**.



Przykład spoiwa i pasty lutowniczej zawierającej **bismut Sn42Bi58** – ich temperatura topnienia to 138°C.



Marka **CHIPQUIK** oferuje również zestawy lutownicze, w których temperatura topnienia cyny to **58°C**. Połączenie takiej cyny podczas wylutowywania elementów SMD z oryginalną cyną bezołowiową powoduje znaczne obniżenie temperatury topnienia i ograniczenie ekspozycji elementu elektronicznego na wysoką temperaturę.



Pomocnym podczas wylutu szczególnie elementów SMD będzie jak zawsze **topnik** w formie fluxu (gęstego żelu). Topnik sprawia, że spoiwo lutownicze będzie się „kleić” jedynie do lutowanych pól lub wyprowadzeń – będzie się separować między nóżkami. Dodatkowo sama lepkość topnika pozwoli w pewnym stopniu utrzymać nam układ w pożądanym miejscu.

W przypadku **zbyt dużej ilości spoiwa**, wystarczy użyć punktowo **plecionki lutowniczej** w miejscu nadmiaru. Odpowiednia ilość cyny pozostanie na wyprowadzeniach układu, nadmiar zostanie skutecznie pochłonięty.



Jeden z najpopularniejszych i najbardziej uniwersalnych topników do lutowania w formie fluxu **AMTECH NC-559-ASM-UV(TPF)**.

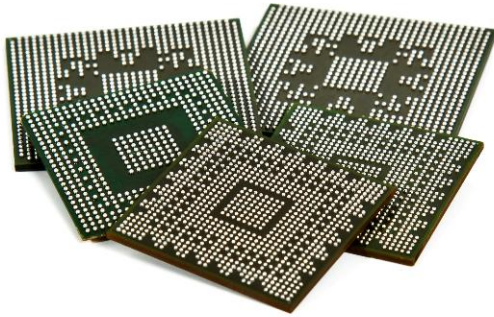
## 4.6 Lutowanie elementów BGA.

Układy elektroniczne w obudowie BGA posiadają **poła lutownicze (pady)**, które łączą się z laminatem za pomocą spoiwa lutowniczego w formie **kulek**. Stosuje się tu spoiwo ołowiane o temperaturze rozplwu 183°C lub bezołowiowych o temperaturze rozplwu 217°C.

Lutowanie takich elementów można wykonać za pomocą **stacji lutowniczej na gorące powietrze** dla układów o wielkości do **max. 10x10mm**. W przypadku większych układów należy zastosować dedykowaną stację lutowniczą BGA.

Stacja lutownicza BGA **TOCUHBGA GM390**





Przykładowe układy BGA – widok od strony wyprowadzeń (padów).

Stacje lutownicze BGA najczęściej posiadają 3 strefy grzewcze o dużej mocy. Jest to kluczowy aspekt przy lutowaniu większych układów BGA czy dużych wielowarstwowych laminatach o dużych obszarach miedzi.

#### **W stacjach BGA wyróżniamy 3 główne strefy grzewcze:**

- Dolna strefa, w której zastosowano grzałki kwarcowe, której zadaniem jest równomierne podgrzanie całego laminatu PCB,
- Dolna grzałka hotair (gorące powietrze) zamontowana w części centralnej, która podgrzewa lutowie pod układem BGA od strony laminatu,
- Górna grzałka hotair (gorące powietrze) zamontowana w części centralnej, która podgrzewa układ BGA od góry.

Bardzo ważnym aspektem podczas lutowania układów BGA jest zachowanie odpowiedniego **profilu lutowniczego** zgodnie z normami **IPC-7711/21**, **IPC-7095C**. **Profil lutowniczy** to zespół parametrów takich jak czas i temperatura, których należy ściśle przestrzegać w procesach lutowniczych BGA.

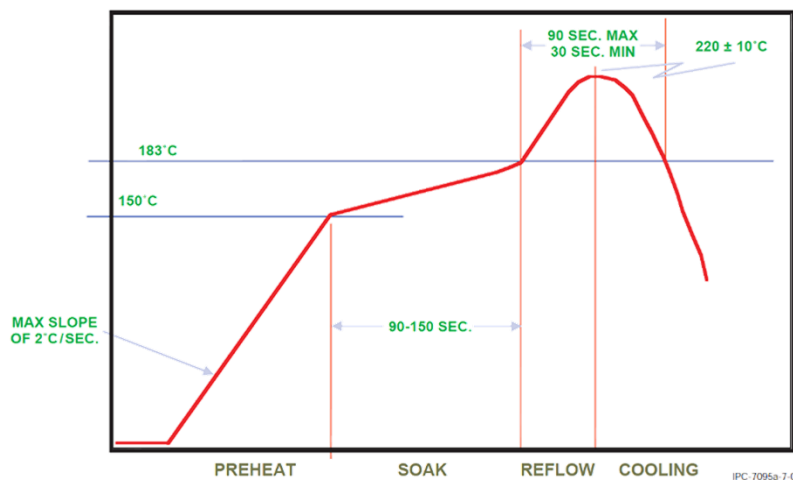
#### **W klasycznym profilu grzewczym BGA wyróżniamy fazy:**

- **PREHEAT – nagrzewanie wstępne**  
Faza, której celem jest podgrzanie wstępne płyty do temperatury aktywacji topnika – zazwyczaj około 150°C. Bezpieczna wartość przyrostu temperatury (slope) dla większości przypadków to 1 – 1,5°C/s.
- **SOAK – zwilżanie spoiwa**  
W tej fazie działa topnik. Jego zadaniem jest usunięcie tlenków (korozji) z lutowanych powierzchni, zwilżenie ich i przygotowanie do lutowania właściwego. Ta faza ma jeszcze jedno zadanie. Wyrównanie temperatury. Płyty jak i układy nie są jednolite. Mają powierzchnie o zróżnicowanej pojemności i przewodności termicznej. Dlatego ta faza ma też na celu zniwelowanie naprężeń zależnych od temperatury. Bezpieczna wartość przyrostu temperatury to  $\pm 0,5^\circ\text{C/s}$ . Temperatura końcowa to ok. 183°C dla lutowia ołowiu i 190 – 210°C bezołowiowego.
- **REFLOW – rozplływ, czyli lutowanie właściwe**  
Po aktywacji topnika czas na roztopienie lutowia, czyli kulek. W większości przypadków można sobie pozwolić na stosunkowo szybkie zwiększenie temperatury do zadanej szczytowej - około 220°C dla lutowia ołowiu i 235°C bezołowiowego. Bezpieczna wartość przyrostu temperatury to 1 –

1,5°C/s, jednak sporo układów toleruje nawet 3°C/s. W tej fazie istotne jest utrzymanie układu w temperaturze szczytowej (20°C powyżej punktu topienia spoiwa) przez minimum 30sek. w celu wyrównania temperatury, uzyskania poprawnego rozplwy spoiwa oraz pewnego i trwałego połączenia. W szczególnych przypadkach (np. gruby wielowarstwowy laminat czy duży układ BGA) ta faza procesu może być przedłużona do 1,5 a nawet w szczególnych przypadkach do 2 minut.

- **COOLING – chłodzenie**

W tej fazie maksymalna szybkość zmniejszania temperatury to 6°C/s a czas pełnego schłodzenia to 6 min dla lutowni ołowiu oraz 8 min dla bezołowiowej.



Przykład przebiegu czasowo –  
temperaturowego, profilu  
lutowniczego.

Temat lutowania układów BGA jest na tyle obszerny, iż wykracza poza zakres tego poradnika. Zapraszamy do kontaktu z firmą Reball Technology Sp. z o.o. w celu przedstawienia szerokiej oferty stacji BGA wraz z pełnym szkoleniem.

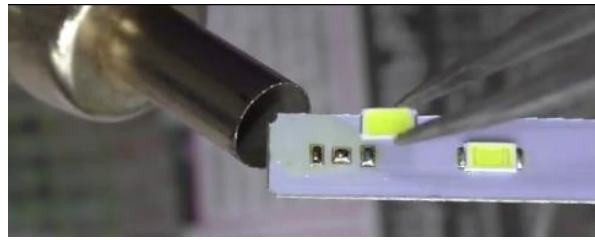
## 4.7 Lutowanie taśm LED.

Diody LED możemy, wylutować na dwa sposoby.

**Sposób 1.** Wykorzystując np. popularny grot lutowniczy np. 900M-T-I rozpuść lutownicą cynę z jednej strony diody i odessij jej nadmiar ręcznym odsysaczem. Zrób to samo z drugiej strony. Na koniec usuń diodę pincetą.

**Sposób 2.** Podgrzej taśmę od dołu, na której umieszczona jest dioda. Zastosuj stację na gorące powietrze lub opalarkę (**nie rób tego od strony diody**). W chwili, kiedy spoiwo lutownicze roztopi się zdejmij diodę pincetą. Proces wylutu można wspomóc topnikiem.

Poniższe obrazy przedstawiają wygląd taśmy LED oraz sposób 2 lutowania.



## 5. Rodzaje grotów lutowniczych.

Na początku był **miedziany drut**. To rozwiązanie na dłuższy czas w zupełności wystarczało. Wraz z biegnącym postępem technologicznym i nieustanną walką z minimalizacją procesu technologicznego, trzeba było również dokonać zmian w konstrukcji sprzętu służącego do pracy.

### 5.1 Groty typu 900M.

Oferowany niegdyś grot w formie miedzianego drutu został wyparty przez groty typu **900M**. Lutownice tego typu mają konstrukcję grzałki zamontowanej na stałe i nasuniętym na nią wymiennym grotom, który utrzymywany jest poprzez tulejkę z nakrętką.

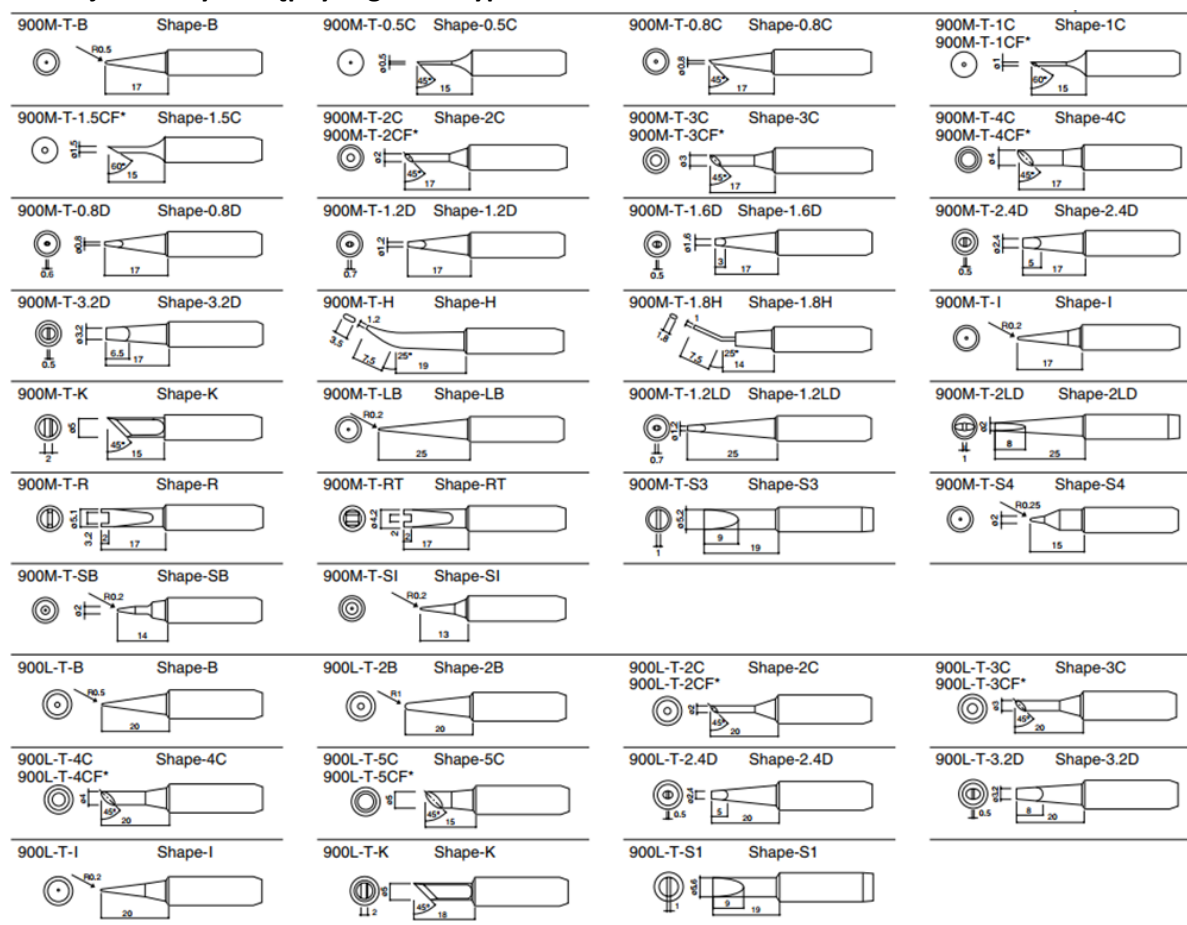
Wiele dostępnych wariantów i lepsza precyzja lutowania jak również trwałość (miedziany drut przestał się przepalać w miejscu zgięcia) sprawiły, że groty typu 900M zostały pozytywnie przyjęte oraz do dzisiejszego dnia są bardzo szeroko stosowane w lutownicach i stacjach lutowniczych powszechnego użytku. Ich zalety wynikają z szerokiego wachlarza modeli oraz przystępnej ceny.



#### Sposób montażu grotów typ 900M.

- Grzałka zamontowana w kolbie
- Grot nasuwany na grzałkę
- Nad nimi tulejka przytrzymująca z nakrętką

**Poniżej warianty dostępnych grotów typu 900M.**



**Krótką charakterystyka popularnych typów grotów 900M:**

- **typ I** – posiada cienką stożkową końcówkę i jest najcieńszy, nadaje się do lutowania precyzyjnego
- **typ B** – wszechstronny uniwersalny grot do lutowania, nadaje się do lutowania również elementów o większych polach lutowniczych
- **typ C** – ma kształt ściętego ukośnie walca. Wersje 1C, 2C, 3C, 4C różniące się grubością. Służą do cynowania kabli czy lutowania elementów SMD
- **typ D** – ma kształt płaskiego śrubokrętu. Szerokość (rozmiar końcówki) dobieramy odpowiednio do rozmiaru lutowanego elementu.
- **typ K** – ma kształt ostrza, często używany grot, idealny do szybkiego lutowania elementów przewlekanych, elementów SMD a obudowie QFP czy usuwania zwarć pomiędzy nóżkami układów.



## 5.2 Grotły typu T12 i T13 z wbudowaną grzałką.

Aby poprawić sprawność lutownic wprowadzono grotły z wewnętrzną grzałką. Połączenie termiczne w nich zastosowane, jest wykonane na stałe w procesie technologicznym wytwarzania grotu i jest na bardzo wysokim poziomie. Dzięki takiej budowie, ciepło wytwarzane w grzałce trafia do grotu z mniejszym oporem w stosunku do grotów nasadzanych na grzałkę gdzie szczelina powietrzna pomiędzy grzałką a tulejką grotu przyczynia się do pogorszenia przenikania ciepła.

Poniżej przedstawiono tabelę wariantów grotów serii T12 i T13.

Standard type					
B	T12-B Shape-B 	T12-B2 Shape-0.5B 	T12-B3 Shape-0.7B 	T12-B4 Shape-0.4B 	T12-BL Shape-BL 
	T12-BC1 Shape-1BC 	T12-BCF1* Shape-1BC 	T12-BC2 Shape-2BC 	T12-BCF2* Shape-2BC 	T12-BC3 Shape-3BC 
BC	T12-BCF3* Shape-3BC 	T12-BCM2 Shape-2BC with Indent 	T12-BCM3 Shape-3BC with Indent 		
	T12-C08 Shape-0.8C 	T12-C1 Shape-1C 	T12-C4 Shape-4C 	T12-CF4* Shape-4C 	
C	T12-D08 Shape-0.8D 	T12-D12 Shape-1.2D 	T12-D16 Shape-1.6D 	T12-D24 Shape-2.4D 	T12-D4 Shape-4D 
	T12-D52 Shape-5.2D 	T12-DL08 Shape-0.8DL 	T12-DL12 Shape-1.2DL 	T12-DL32 Shape-3.2DL 	T12-DL52 Shape-5.2DL 
D	T12-I Shape-I 	T12-IL Shape-IL 	T12-ILS Shape-ILS 		
	T12-J02 Shape-0.2J 	T12-JL02 Shape-0.2JL 	T12-JS02 Shape-0.2JS 		
J	T12-K Shape-K 	T12-KF Shape-KF 	T12-KL Shape-KL 	T12-KR Shape-KR 	T12-KU Shape-KU 
K					

SMD type					
Quad	T12-1201 Quad 13.6 x 8.5 	T12-1202 Quad 10.3 x 10.3 	T12-1203 Quad 12.8 x 12.8 	T12-1204 Quad 17.9 x 17.9 	T12-1205 Quad 23.4 x 17.3 
	T12-1206 Quad 22.5 x 16.5 	T12-1207 Quad 15.5 x 15.5 	T12-1208 Quad 15.8 x 15.8 	T12-1209 Quad 8.4 x 8.4 	
Tunnel	T12-1001 Tunnel 5.1 x 4.6 	T12-1002 Tunnel 5.1 x 10.4 	T12-1003 Tunnel 9.5 x 18.3 	T12-1004 Tunnel 9.5 x 15.8 	T12-1005 Tunnel 9.5 x 13.2 
	T12-1006 Tunnel 6.9 x 11.4 	T12-1007 Tunnel 7.9 x 18.8 	T12-1008 Tunnel 19.5 x 10.2 	T12-1009 Tunnel 13.4 x 20.5 	T12-1010 Tunnel 19.5 x 12 
Spatula	T12-1401 Spatula 10.4 	T12-1402 Spatula 15.7 	T12-1403 Spatula 21.2 	T12-1404 Spatula 25 	T12-1405 Spatula 32 
	T12-1406 Spatula 40 				

Long life type					
T12-B2Z Shape-0.5B (Z) 	T12-BC1Z Shape-1BC (Z) 	T12-BCF1Z* Shape-1BC (Z) 	T12-BC2Z Shape-2BC (Z) 	T12-BCF2Z* Shape-2BC (Z) 	T12-BC3Z Shape-3BC (Z) 
T12-BCF3Z* Shape-3BC (Z) 	T12-BZ Shape-B (Z) 	T12-C4Z Shape-4C (Z) 	T12-CF4Z* Shape-4C (Z) 	T12-D12Z Shape-1.2D (Z) 	T12-D16Z Shape-1.6D (Z) 
T12-D24Z Shape-2.4D (Z) 	T12-D4Z Shape-4D (Z) 	T12-KFZ Shape-KF (Z) 	T12-KRZ Shape-KR (Z) 		

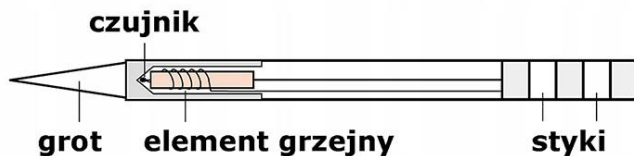
\* These tips are tinned on the soldering surface only.

Heavy duty type					
T12-WB2 Shape-0.5WB 	T12-WD08 Shape-0.8WD 	T12-WD12 Shape-1.2WD 	T12-WD16 Shape-1.6WD 	T12-WD52 Shape-5.2WD 	T12-WI Shape-WI 

Niewątpliwie zaletą umieszczenia grzałki wewnątrz grotu jest również możliwość błyskawicznej zmiany końcówek grotu oraz łatwość tego procesu. Nie ma potrzeby czekania na ostygnięcie elementów nagrzewających się. Proces możemy przeprowadzić po prostu wyciągając grot z rękojeści za pomocą specjalnej, wysokotemperaturowej okładziny silikonowej. W konstrukcji rękojeści umożliwiają to specjalnie wyprofilowane styki sprężynowe w jej zewnętrznej części. Zaleca się wyłączenie zasilania przed tą operacją, jednakże większość profesjonalnych stacji umożliwia zmianę grotu bez wyłączania zasilania w tzw. trybie „Hot Swap”.

W związku z tym, iż każdy grot posiada własną grzałkę, wzrosła też żywotność takich grotów, ponieważ lepiej jest odprowadzana temperatura z grzałki, co nie powoduje jej przegrzewania się. Ponadto łączny czas pracy lutownicy rozłożony został na kilka grzałek, (jeśli oczywiście lutujemy z wykorzystaniem wielu grotów). Jednak, jeśli dojdzie do sytuacji przepalenia grzałki, (co w większości stacji jest sygnalizowane), wymiana jej jest bezproblemowa i polega po prostu na wymianie grotu.

Wszystkie grotu typu T12 i T13 wyposażone są w czujnik temperatury typu K, który również stanowi nierozłączny element wewnątrz końcówki grotu umieszczony w procesie produkcyjnym.



### Konstrukcja grotów serii T12 i T13



### Przykłady grotów T12 i T13.

Pierwszy z prawej to grot szpatułkowy T12-14xx, używany przy oczyszczaniu z resztek lutowni pół lutowniczych układów BGA.

## 5.3 Grotu typu C115, C210 i C245 z wbudowaną grzałką.

Rozwiązanie z wbudowaną grzałką zostało zastosowane również w grotach serii **C115**, **C210** i **C245**. Różnica występuje w wielkości grotu oraz stykach elektrycznych. Grotu są znacznie mniejsze niż w serii T12 i T13. Grzałka znajdująca się wewnątrz ma mniejszą powierzchnię do nagrzania i dzięki temu różnica temperatury rzeczywistej do zadanej ma bardzo mały odchył, stabilnie utrzymując się na zadanym poziomie. Ponadto w sytuacji dużego zapotrzebowania na energię cieplną szybkość dostarczenia dodatkowej energii jest na bardzo wysokim poziomie.



Groty typu C115, C210 i C245.

Najlepiej sprawdzają się podczas wykonywania precyzyjnych zadań.

Poniższa tabela przedstawia część wariantów grotów serii C115, C210 i C245.

**2245** **2245-007**

Note: the shape of the cartridge tips 2045 and 2245 is the same, only changes the heating element.

**LEAD-FREE CARTRIDGES**  
These cartridges are made to last longer in lead-free processes because of their extra tough plating.

00.3	2045-030 2245-030
00.4	2045-032 2245-032
00.4	2045-036 2245-036
00.4	2045-037 2245-037
00.6	2045-001 2045-201* 2245-001 2245-201*
00.6	2245-057
01	2045-003 2245-003
01.5	2045-043 2245-043
02	2045-033 2245-033
03	2245-107
00.4	2045-029 2245-029
00.4	2045-034 2245-034 2245-234*
00.6	2045-035 2245-035
00.6	2045-004 2245-004 2245-204*
01	2245-259*
01.5	2245-260*
02	2245-062 2245-262*
1x0.5	2245-063 2245-263*
1.6x0.6	2245-046 2245-246*
2x0.8	
01.3	2045-005 2245-005
02	2045-045 2245-045 2245-245*
02.8	2045-012 2245-012 2245-212*
3.4	2245-256*
0 3.5	2245-051

**2045-006**  
2045-206\*  
2245-006  
2245-206\*

**2045-044**  
2245-044

**2045-007**  
2245-007

**2045-011**  
2045-211\*  
2245-011  
2245-211\*

**2245-061**  
2245-261\*

**2045-008**  
2245-008  
2245-208\*

**2245-066**  
2245-266\*

\*These cartridges have a total length of 20mm longer than the normal cartridges, allowing them to reach places with difficult access.

**BLADE TYPE**

Ref.	A
2045-014 2245-014	10
2045-013 2245-013	21
2245-049	32
2245-283*	50

\* This cartridge has been especially designed for the PA 4200 tweezers.

**FOR CHIP COMPONENTS**

Ref.	A
2045-016 2245-016	1,9
2045-017 2245-017	2,2
2045-018 2245-018	3,4
2045-019 2245-019	4,5

**BEVEL EDGETIP**

**2045-039**  
2245-039

**2245-055**

**TUNNEL TYPE FOR DUAL IN LINE IC**

Ref.	A	B
2245-303	5,5	6,0
2045-020 2245-220	5,9	6,0
2245-250	5,9	8,0
2045-021 2245-221	5,9	10,0
2245-222	7,5	13,5
2245-306	9,6	10,0
2245-305	9,6	12,0
2245-304	9,6	15,0
2045-015 2245-215	9,6	18,0
2045-016 2245-216	14,6	28,4

**BLADE TYPE**

Ref.	A
2245-014	10

**LEAD-FREE CARTRIDGES**  
These cartridges are made to last longer in lead-free processes because of their extra tough plating.

00.5	2245-930
00.6	2245-932
00.7	2245-937
00.8	2245-901 2245-801*
00.8	2245-957
01.2	2245-903
01.7	2245-943
02.2	2245-933
00.8	2245-935
00.8	2245-904 2245-804*
01.2	2245-962
1.2x0.7	2245-963
1.8x0.8	2245-946 2245-846*
2.2x1	
01.5	2245-905
02.2	2245-945 2245-845*
03	2245-912 2245-812*
0 3.8	2245-951
1.2x0.7	2245-906 2245-806*
1.8x0.8	2245-944
2.3x1.2	2245-907
3.2x1.2	2245-911 2245-811*
4.8x1.5	2245-908 2245-808*
6.5x1.7	2245-966 2245-866*

**BLADE TYPE**

Ref.	A
2245-014	10

## 6. Współczesne wyposażenie nowoczesnego serwisu.

Na zakończenie przedstawimy pozostałe wyposażenie znajdujące się na wyposażeniu każdego szanującego się, nowoczesnego serwisu, które wg nas zwiększa efektywność pracy, oraz czyni ją bardziej bezpieczną.

### 6.1 Mikroskopy.

Wysoka skala integracji podzespołów półprzewodnikowych sprawia, iż nowoczesny serwis nie będzie w stanie prowadzić prac naprawczych bez użycia mikroskopu. Do wyboru są zarówno mikroskopy stereoskopowe z okularami doocznymi jak i cyfrowe, które podłącza się bezpośrednio do monitora ekranowego.



#### **Mikroskop MC75T-L2 7-90x**

Stereoskopowy, okularowy mikroskop z cyfrową kamerą 48MP 2.7K.

#### **Mikroskop SZ10HZ**

Mikroskop z cyfrową kamerą 38MP 2K oraz monitorem LCD AOC 24".





## 6.2 Kamery termowizyjne.

Kamera termowizyjna to urządzenie do szybkiej diagnostyki usterek na laminatach PCB. Dzięki wydajnemu oprogramowaniu do inteligentnej analizy obrazu na stacji roboczej, oraz zastosowaniu szeroko pojętych algorytmów, kamera podaje w czasie rzeczywistym temperaturę dowolnego elementu badanej płyty PCB oraz wskazuje różnice temperatur w badanych obszarach. Dzięki temperaturowej analizie porównawczej płyty PCB przed i w trakcie naprawy można szybko i dokładnie zidentyfikować problematyczne układy lub elementy, a tym samym znacznie przyspieszyć naprawę.



### SUNSHINE TB-03 v2.0

Zaawansowana cyfrowa kamera termowizyjna wraz oprogramowaniem.

## 6.3 Pochłaniacze oparów.

W procesie lutowania bądź rozlutowania, wydzielanych jest wiele substancji niebezpiecznych dla zdrowia. W celu zabezpieczenia osób przed szkodliwym wpływem oparów, należy stosować pochłaniacze dymu i oparów.

Pochłaniacze za pomocą silnika elektrycznego wytwarzają w swoim wnętrzu podciśnienie, które za pomocą dyszy zasysa szkodliwy dym i opary do filtra bądź zestawu filtrów (jak w pochłaniaczach **Wateron serii F600x**) wychwytyjąc szkodliwe związki.



### Stołowe pochłaniacze oparów:

- Po lewej podstawowy model 493-1 30W
- Po prawo Wateron Fumego F800 80W

Wyróżniamy dwie zasadnicze grupy pochłaniaczy tj. małe na blatowe i duże jednostki, które można montować również pod blatem lub wysoko nad nim. Jednak pod względem zasady działania pochłaniacze nie różnią się od siebie. W tego typu sprzęcie największe różnice są, w jakości filtracji przepływającego powietrza oraz oczywiście w wydajności. Pochłaniacze na blatowe zazwyczaj mają jeden stopień filtracji i jest to gąbka pokryta miazem węgla aktywnego. Natomiast wspomniane wcześniej pochłaniacze Wateron serii F600x posiadają potrójny stopień filtracji. Jest to wstępny filtr włókninowy wyłapujący substancje smoliste i ewentualne zanieczyszczenia stałe. Następnie mamy filtr HEPA usuwający najmniejsze drobiny kurzu. Na koniec tak oczyszczone powietrze wraz z szkodliwymi oparami dostają się na duży filtr węglowy, w którym zachodzą zjawiska katalityczne, które neutralizują szkodliwe związki chemiczne oraz nieprzyjemny zapach.



#### Pochłaniacze oparów:

- **Wateron F6001D 210W**  
Jednostanowiskowy z pojedynczym dolotem (z lewej).
- **Wateron F6002D 210W**  
Dwustanowiskowy z podwójnym dolotem (z prawej).

Powyższe pochłaniacze z racji swoich niewątpliwych zalet są urządzeniami dość drogimi, dlatego producent ma w swojej ofercie również mniejsze modele o mniejszej wydajności.

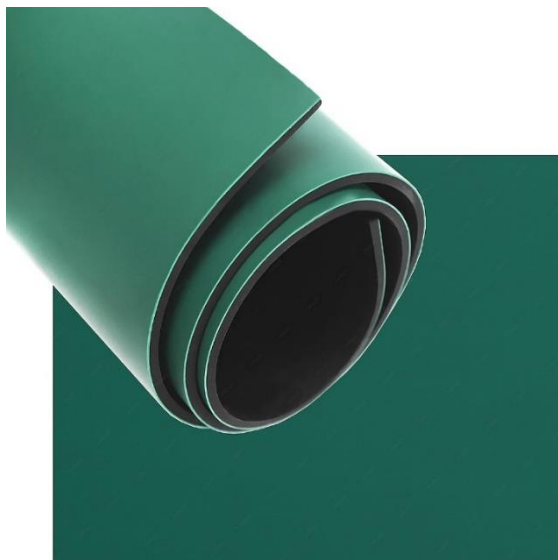
#### Pochłaniacze oparów:

- **Wateron SE-80 80W**  
Jednostanowiskowy z pojedynczym dolotem (z lewej).
- **Wateron SE-180 150W**  
Dwustanowiskowy z podwójnym dolotem (z prawej).



## 6.4 Maty robocze ESD.

Każde nowoczesne stanowisko serwisowe powinno być wyposażone w ochronne maty ESD, których konstrukcja odprowadza pojawiające się ładunki elektrostatyczne do uziemienia.

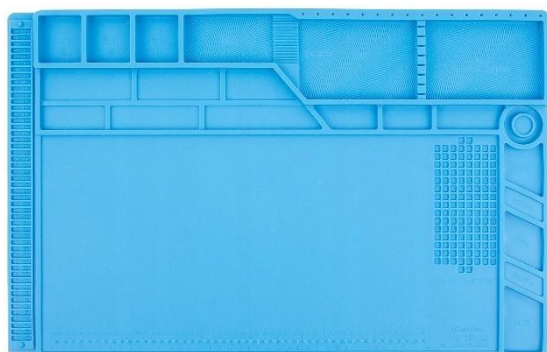


Przykład mat roboczych z czarną warstwą domieszkowaną grafitem, która odprowadza ładunki elektrostatyczne ESD.

**Maty ESD** dostępne są w różnych wariantach kolorystycznych oraz faktury (np.: matowe, błyszczące bądź chropowate). Różnice są również, jeśli chodzi o materiał z którego zostały wyprodukowane. Dla przykładu w wersji o zwiększonej zawartości naturalnego kauczuku, znacznie ograniczono zjawisko nieprzyjemnego zapachu oraz zwiększono elastyczność.

## 6.5 Maty odporne na wysokie temperatury.

Coraz popularniejsze stają się również maty wysokotemperaturowe, które stosuje się głównie podczas prac z lutownicami na gorące powietrze. Maty wytrzymują temperatury rzędu 500°C, zatem możemy położyć na nich lutowany laminat i bezpośrednio na nim prowadzić prace lutownicze nie niszcząc podłoża, np. wspomnianej wcześniej maty ESD.



Przykład odpornej na wysokie temperatury maty silikonowej wyposażonej w praktyczne przegródki oraz organizery.

Wiele typów mat wysokotemperaturowych posiada dodatkowe przegródki, które ułatwiają organizację elementów podczas montażu czy demontażu w trakcie naprawy, bądź podczas produkcji elektroniki. Ciekawym rozwiązaniem jest też miejsce z magnesem do przechowywania np. śrubek, które nawet przy przesuwaniu maty pozostają na swoim miejscu.

## 7. Zakończenie.

Zdajemy sobie sprawę, iż w tym poradniku jedynie dotknęliśmy ogromu zagadnień związanych z branżą elektroniczną, serwisową i oczywiście samego procesu lutowania. Głównym zadaniem naszego poradnika jest przybliżenie mniej doświadczonym użytkownikom sprzętu lutowniczego, tajników procesów, których część przedstawiliśmy. Chcieliśmy również zachęcić do zgłębiania wiedzy i szlifowania umiejętności oraz zwrócić uwagę na aspekty bezpieczeństwa wykonywanych prac.

**Dziękujemy za uwagę i życzymy samych sukcesów w naprawach!**

**Obserwuj nas:**

👉 **youtube:** <https://www.youtube.com/serwisowepl>

👉 **tiktok:** <https://www.tiktok.com/@reball.pl>

👉 **facebook:** <https://www.facebook.com/reballpl>

👉 **instagram:** <https://www.instagram.com/serwisowe.pl>

Dział serwisu firmy  
Reball Technology Sp. z o.o.