

12



# ELEKTRYK

**Wykonywanie połączeń  
elektrycznych i mechanicznych**



MINISTERSTWO EDUKACJI  
NARODOWEJ



**Paweł Pirosz**  
**Marcin Makowski**

## **Wykonywanie połączeń elektrycznych i mechanicznych 724[01].O2.04**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**  
**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy**  
**Radom 2007**

Recenzenci:

mgr inż. Jan Bogdan

mgr inż. Maria Krogulec-Sobowiec

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Barbara Kapruziak

Konsultacja:

mgr inż. Ryszard Dolata

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 724[01].O2.04. „Wykonywanie połączeń elektrycznych i mechanicznych”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

# SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie</b>	3
<b>2. Wymagania wstępne</b>	5
<b>3. Cele kształcenia</b>	6
<b>4. Materiał nauczania</b>	7
<b>4.1. Rodzaje połączeń. Technologia wykonywania różnych rodzajów połączeń. Przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy obowiązujące podczas wykonywania połączeń</b>	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	19
4.1.3. Ćwiczenia	19
4.1.4. Sprawdzian postępów	21
<b>4.2. Wykonywanie połączeń lutowanych</b>	22
4.2.1. Materiał nauczania	22
4.2.2. Pytania sprawdzające	28
4.2.3. Ćwiczenia	28
4.2.4. Sprawdzian postępów	30
<b>4.3. Rodzaje złącz i ich zastosowanie w maszynach i urządzeniach elektrycznych</b>	31
4.3.1. Materiał nauczania	31
4.3.2. Pytania sprawdzające	37
4.3.3. Ćwiczenia	38
4.3.4. Sprawdzian postępów	39
<b>4.4. Rodzaje połączeń sprężystych</b>	40
4.4.1. Materiał nauczania	40
4.4.2. Pytania sprawdzające	45
4.4.3. Ćwiczenia	45
4.4.4. Sprawdzian postępów	46
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	47
<b>6. Literatura</b>	52

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik ten będzie Ci pomocny w kształtowaniu umiejętności wykonywania połączeń elektrycznych i mechanicznych w zawodzie elektryk.

W poradniku znajdziesz:

- wymagania wstępne – wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia – wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania – wiadomości teoretyczne, które są niezbędne, aby przygotować się do realizacji zaplanowanych ćwiczeń,
- zestaw pytań, abyś mógł sprawdzić, czy już jesteś przygotowany do wykonywania ćwiczeń,
- ćwiczenia, które pomogą Ci utrwalić wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności zawarte w tej jednostce modułowej jako cele kształcenia,
- sprawdziany postępów, czyli zestawy pytań, na które należy odpowiedzieć dla samooceny,
- sprawdzian osiągnięć – przykładowy zestaw zadań testowych; pozytywny wynik testu potwierdzi, że dobrze pracowałeś na zajęciach i ukształtowałeś umiejętności z zakresu tej jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą, do której powinieneś sięgać dla pogłębienia wiedzy.

Przed przystąpieniem do wykonywania ćwiczeń zapoznaj się z pytaniami sprawdzającymi, które pozwolą Ci ocenić stan Twojej wiedzy, potrzebnej do wykonania ćwiczeń.

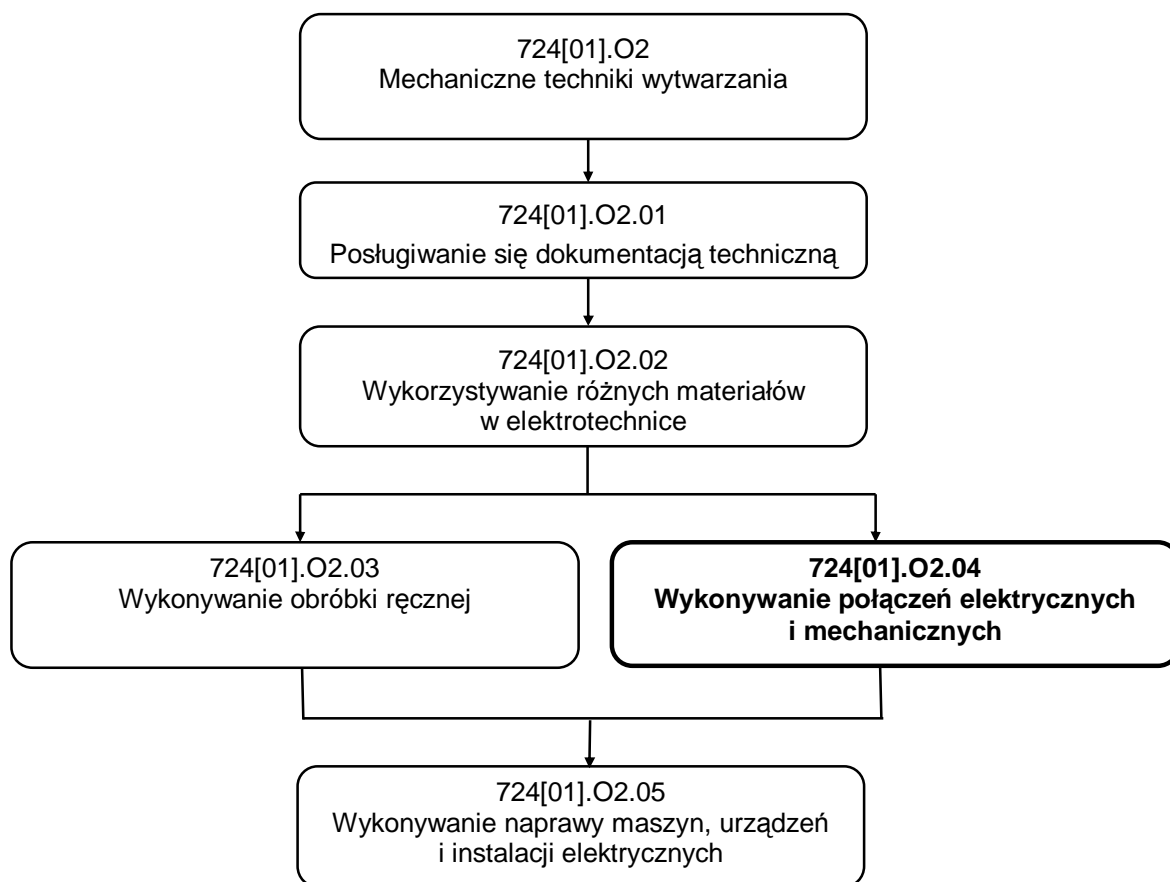
Jeżeli masz trudności ze zrozumieniem tematu lub ćwiczenia, to poproś nauczyciela lub instruktora o wyjaśnienie i ewentualne sprawdzenie, czy dobrze wykonujesz daną czynność.

Po wykonaniu ćwiczeń sprawdź poziom swoich postępów, rozwiązując test zamieszczony po ćwiczeniach.

Poznanie przez Ciebie wiadomości i nabycie umiejętności z zakresu wykonywania połączeń elektrycznych i mechanicznych będzie stanowiło dla nauczyciela podstawę do przeprowadzenia sprawdzianu poziomu przyswojonych wiadomości i nabytych umiejętności.

## **Bezpieczeństwo i higiena pracy**

Podczas zajęć musisz przestrzegać regulaminów, przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, instrukcji przeciwpożarowych i ochrony środowiska, wynikających z rodzaju wykonywanych zadań. Przepisy te poznasz w czasie trwania zajęć.



Schemat układu jednostek modułowych

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- posługiwać się dokumentacją techniczną, katalogami, normami i literaturą techniczną,
- odczytać proste rysunki maszynowe i schematy elektryczne,
- rozpoznać symbole graficzne i oznaczenia stosowane w rysunku technicznym elektrycznym,
- rozpoznawać podstawowe elementy mechaniczne stosowane w maszynach i urządzeniach elektrycznych,
- rozróżniać materiały stosowane w elektrotechnice,
- rozpoznać materiały stosowane w konstrukcjach maszyn i urządzeń elektrycznych,
- określić właściwości materiałów konstrukcyjnych,
- scharakteryzować obróbkę cieplną,
- rozpoznać materiały przewodzące,
- rozpoznać materiały izolacyjne,
- określić właściwości materiałów przewodzących i izolacyjnych,
- określić właściwości materiałów magnetycznych,
- rozpoznać tworzywa sztuczne,
- określić właściwości tworzyw sztucznych,
- rozpoznać powłoki ochronne i dekoracyjne,
- wskazać przykłady zastosowania powłok ochronnych i dekoracyjnych.

### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozpoznać połączenia elektryczne i mechaniczne stosowane w konstrukcjach maszyn i urządzeń elektrycznych,
- opisać podstawowe połączenia elektryczne i wskazać ich zastosowanie,
- rozpoznać podstawowe złącza stosowane w urządzeniach elektrycznych,
- rozróżnić połączenia mechaniczne i wskazać ich zastosowanie,
- wykonać montaż połączenia gwintowego,
- wykonać połączenie nitowe,
- przygotować (pobielić) styki i końcówki przewodów do lutowania,
- wykonać połączenia lutowane przewodów, gniazd i złączy,
- wykonać połączenia z wciskiem,
- wykonać połączenia zaciskowe,
- wykonać połączenia skręcane,
- przykręcić przewody do listew zaciskowych,
- zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska.



## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Rodzaje połączeń. Technologia wykonywania różnych rodzajów połączeń. Przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy obowiązujące podczas wykonywania połączeń

#### 4.1.1. Materiał nauczania

##### Klasyfikacja połączeń

Połączenia w budowie maszyn wiążą elementy składowe tak, że mogą one wspólnie się poruszać oraz przenosić obciążenia.

Ze względu na trwałość połączenia rozróżnia się połączenia:

- nierozłączne – w połączeniu takim elementy są złączone na stałe; próba ich rozłączenia zawsze wiąże się ze zniszczeniem elementu łączącego oraz często samych elementów łączonych,
- rozłączne, w których rozłączenie jest możliwe i nie wiąże się z niebezpieczeństwem zniszczenia elementów łączonych.

Do połączeń nierozłącznych zalicza się połączenia:

- spawane,
- zgrzewane,
- klejone,
- nitowe,
- lutowane,
- zaprasowywane.

Do połączeń rozłącznych należą połączenia:

- wciskowe,
- kształtowe (wpustowe, wielowypustowe, kołkowe, sworzniowe i klinowe),
- gwintowe,
- sprężyste,
- rurowe.

Ze względu na przeznaczenie rozróżnia się połączenia:

- mechaniczne,
- elektryczne.

Do połączeń mechanicznych zalicza się połączenia:

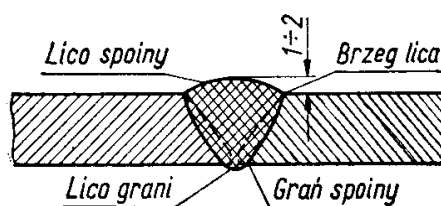
- spawane,
- zgrzewane,
- lutowane,
- nitowe,
- klejone,
- z wciskiem,
- zaprasowywane,
- gwintowe,
- wpustowe,
- wielowypustowe,
- kołkowe,
- sworzniowe,
- klinowe.

Do połączeń elektrycznych należą połączenia:

- spawane,
- zgrzewane,
- lutowane,
- owijane,
- zaciskane.

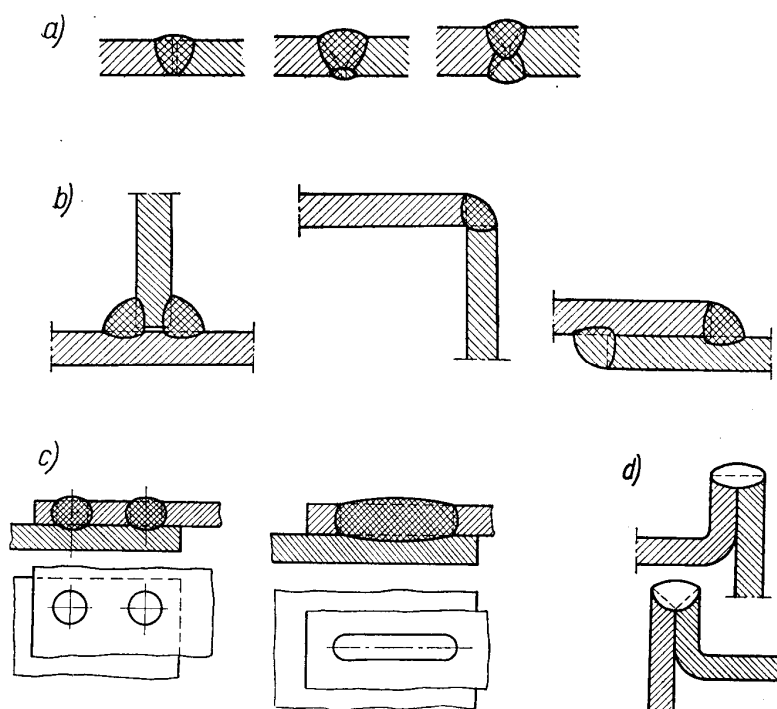
### Połączenia spawane

Spawanie polega na trwałym łączeniu metali za pomocą ciepła doprowadzonego do miejsca, w którym ma powstać złącze spawane. Między częściami spawanego przedmiotu powstaje łącząca je spoina (rys. 1). Składa się ona ze stopionego metalu spawanego przedmiotu, zwanego metalem rodzimym oraz niekiedy ze stopionego spoiwa. Stopiony w obszarze spoiny metal na skutek stygnięcia krzepnie i łączy trwale obie części materiału rodzimego.



Rys. 1. Złącze spawane [8, s. 240]

Zależnie od wzajemnego ustawienia spawanych części rozróżnia się spoiny: czołowe, pachwinowe, otworowe i grzbietowe (rys. 2).



Rys. 2. Rodzaje spoin: a) czołowe, b) pachwinowe, c) otworowe, d) grzbietowe [8, s. 240]

Najczęściej spotykanymi metodami spawania są: spawanie elektryczne i gazowe.

## Spawanie elektryczne

Przy spawaniu elektrycznym źródłem ciepła jest łuk elektryczny. Najczęściej stosuje się spawanie otuloną elektrodą topliwą. Łuk powstaje wtedy między elektrodą a elementem spawanym. Materiał dodatkowy powstaje ze stopienia elektrody. Spawanie może być prowadzone ręcznie, półautomatycznie lub automatycznie.

Przed przystąpieniem do spawania należy wykonać szereg czynności wstępnych takich, jak:

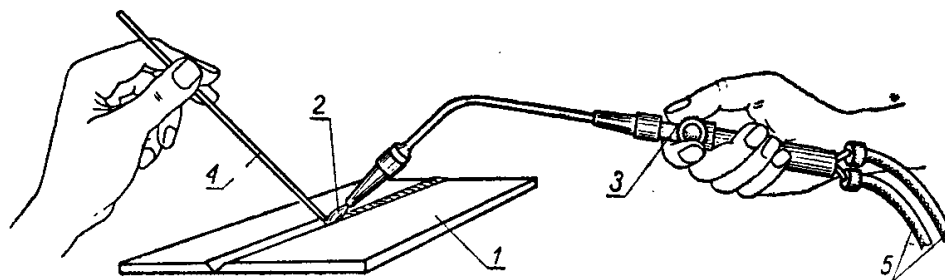
- przygotowanie krawędzi (zależnie od grubości materiału miejscom łączonym nadaje się różne kształty),
- oczyszczenie (z tlenków metalu, rdzy, farby, tłuszczów),
- ustawienie,
- szczipienie (poprzez punktowe spawanie krawędzi lub za pomocą specjalnych uchwytów),
- wstępne podgrzanie (przedmioty żeliwne wymagają wstępnego wygrzania przed spawaniem w celu zapobieżenia powstaniu naprężeń, które mogłyby być przyczyną późniejszych pęknięć).



Rys. 3. Spawarka elektryczna [11]

## Spawanie gazowe

Przy spawaniu gazowym źródłem ciepła jest reakcja spalania gazu palnego (najczęściej acetyleny) z tlenem. Jako materiał dodatkowy przy spawaniu blach o grubości większej niż 2 mm stosuje się spoiwo w postaci drutu. Spawanie gazowe stosuje się przede wszystkim do łączenia cienkich blach stalowych, łączenia elementów ze stopów lekkich, z żeliwa i przy naprawach.



Rys. 4. Spawanie acetylenowo-tlenowe [8, s. 245]

Spawanie acetylenowo–tlenowe (rys. 4) polega na nagrzewaniu i topieniu brzegów łączonych metali 1 płomieniem 2 palącym się u wylotu palnika 3. Zwykle topi się jednocześnie spoiwo w postaci drutu 4, doprowadzonego do miejsca spawania. Tlen i acetylen są doprowadzane do palnika węzami gumowymi 5.

Do podstawowego wyposażenia stanowiska spawania gazowego należą: wytwornice, bezpieczniki, butle, reduktory i palniki.

O wyniku spawania w dużym stopniu decyduje prawidłowo uregulowany płomień palnika. Przy nadmiarze acetyleny powstaje płomień nawęglający, natomiast przy nadmiarze tlenu – płomień utleniający. Spawanie powinno odbywać się takim płomieniem, który w środkowej strefie składa się z mieszaniny tlenku węgla i pary wodnej (bez swobodnego węgla i tlenu).

### **Połączenia zgrzewane**

Połączenia zgrzewane to połączenia materiałów przez ich docisk z jednoczesnym podgrzaniem łączonego miejsca do stanu plastycznego. Złącze otrzymywane przez zgrzewanie charakteryzuje się dużą wytrzymałością mechaniczną, dużą odpornością na szkodliwe oddziaływanie środowiska, małą rezystancją przejścia. Dodatkowa zaleta połączenia zgrzewanego to małe wymiary, wynikające m.in. z faktu, że do jego wykonania zbędne są jakiegokolwiek dodatkowe materiały lub elementy wiążące. Wymienione zalety sprawiają, że zgrzewanie znajduje zastosowanie także w przypadkach, gdy wymagana jest duża gęstość montażu. Pewnym mankamentem zgrzewania jest konieczność doprowadzenia energii cieplnej do elementów łączonych (może to spowodować ich przegrzanie) oraz trudności w zautomatyzowaniu.

Do podstawowych rodzajów zgrzewania zalicza się zgrzewanie:

- czołowe – stosuje się do łączenia prętów, odkuwek i innych elementów, w których zgrzeina obejmuje całe pole powierzchni styku,
- punktowe – stosuje się do łączenia cienkich blach, blach z różnymi kształtownikami itp,
- liniowe – umożliwia wykonanie połączeń szczelnych z cienkiej blachy: rur z szwem, pojemników, a także połączeń kształtowych, stosowanych w różnych dziedzinach przemysłu,
- garbowe (odmiana zgrzewania punktowego) – garby mają najczęściej kształt czaszy kulistej i służą m.in. do usztywnienia części wykonanych z cienkich blach.

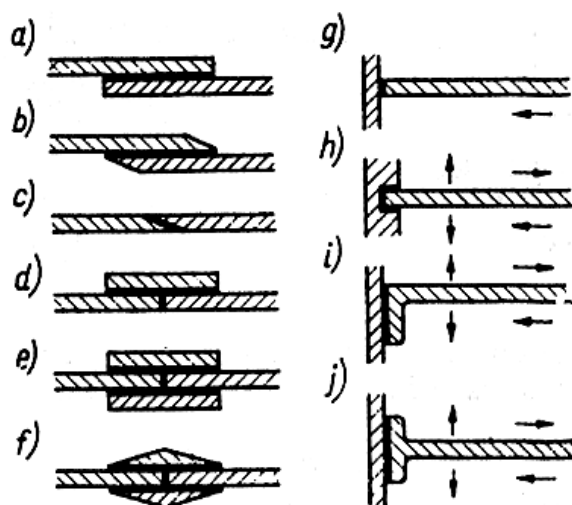
### **Połączenia klejone**

Połączenia klejone – to takie połączenia, w których wykorzystuje się adhezyjne właściwości substancji klejowych. Klej wnika w drobne pory (nierówności) na powierzchni materiału, po czym twardnieje. Czasem przy klejeniu tworzyw sztucznych dodatkowo następuje częściowe rozpuszczenie powierzchni klejonych. Połączenie tego typu w budowie maszyn stosowane jest często, zwłaszcza jeśli trzeba połączyć różne materiały (metal, tworzywa sztuczne, szkło, gumę itp).

Zaletą klejenia metali jest możliwość wykorzystania pełnej wytrzymałości elementów łączonych, zwłaszcza przy łączeniu stopów lekkich. Wynika to stąd, że przenoszenie obciążenia za pomocą warstwy kleju nie powoduje spiętrzenia naprężeń ani nie powoduje osłabienia materiału części łączonych, jak w przypadku spawania czy nitowania. Drugą ważną zaletą tej metody to odporność na korozję. Klej jest również dobrym izolatorem, co wykorzystuje się w przemyśle elektronicznym.

Wadą tej metody jest konieczność stosowania znacznych nacisków i działanie temperatury oraz to, że wytrzymałość połączeń klejonych spada ze wzrostem temperatury. Kolejną wadą jest konieczność starannego przygotowania i oczyszczenia mechanicznego, a często i chemicznego powierzchni łączonych.

Na rys. 5 przedstawiono różne rodzaje połączeń klejonych.

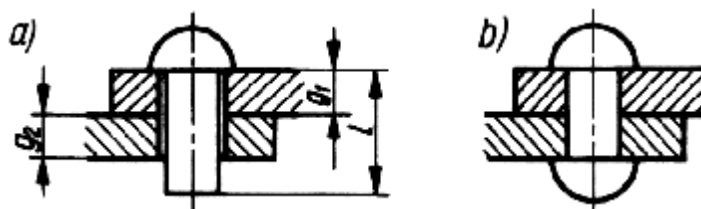


**Rys. 5.** Połączenia klejone: a) zakładkowe, b) zakładkowe zukosowane, c) zukosowane wpuszczone, d) zakładkowe jednostronne, e) zakładkowe dwustronne, f) zakładkowe dwustronne zukosowane, g) kątowe czołowe, h) kątowe wpuszczone, i) kątowe ze stopką jednostronną, j) kątowe ze stopką dwustronną [7, s. 133]

### Połączenia nitowe

Połączenia nitowe stosowane są do łączenia blach lub elementów konstrukcji stalowych – dźwigarów, wsporników, wiązarów itp., za pomocą łączników, zwanych nitami. Połączenie nitowe należy do grupy połączeń nierozłącznych.

Na rys. 6 przedstawiono przykłady łączenia blach za pomocą nitów. Nit przechodzi z luzem przez otwory w obu częściach łączonych, a następnie jego wystająca walcowa część jest odkształcana tak, że tworzy tzw. zakuwkę. Aby możliwe było uformowanie zakuwki, długość nitu  $l$  musi być odpowiednio większa od łącznej grubości łączonych blach.

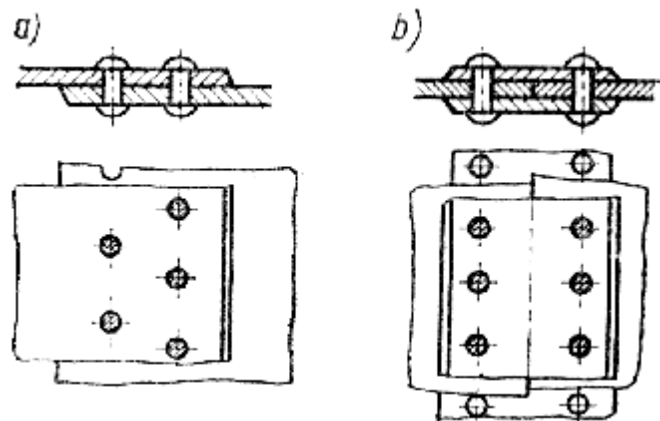


**Rys. 6.** Połączenie blach za pomocą nitów: a) przed odkształceniem nitu, b) po jego odkształceniu [4, s. 35]

Rozróżnia się następujące połączenia nitowe (zależnie od spełnionych wymagań):

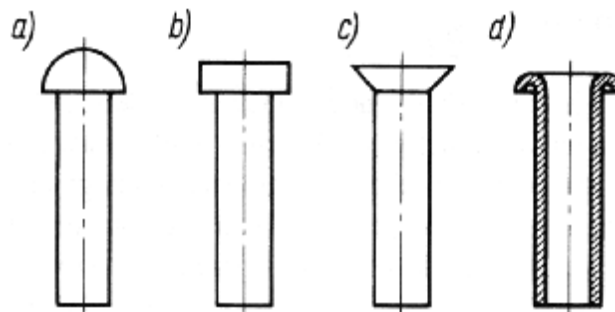
- mocne – spełniające jedynie warunki wytrzymałościowe, stosowane w konstrukcjach budowlanych, dźwigniowych,
- szczelne – spełniają warunek szczelności obok warunków wytrzymałościowych, stosowane we wszelkiego rodzaju zbiornikach służących do przechowywania, transportu, przeładunku lub przeróbki cieczy, gazów i ciał sypkich,
- mocno-szczelne – gwarantują wysoką szczelność i dużą wytrzymałość, stosowane w zbiornikach znajdujących się pod dużym ciśnieniem wewnętrznym, np. w walczakach kotłów parowych.

Połączenia nitowe należy tak konstruować, aby nity były poddane działaniu naprężeń ścinających. Ze względów konstrukcyjnych połączenia nitowe dzieli się na zakładkowe i nakładkowe (rys. 7).



**Rys. 7.** Połączenia nitowe: a) zakładkowe, b) nakładkowe [6, s. 360]

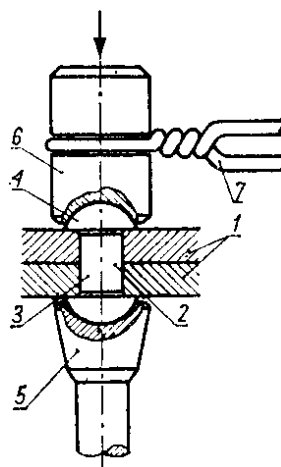
Na rys. 8 pokazano przykłady znormalizowanych nitów.



**Rys. 8.** Przykłady znormalizowanych nitów: a) z łbem kulistym, b) z łbem walcowym, c) z łbem stożkowym, d) rurkowy [4, s. 36]

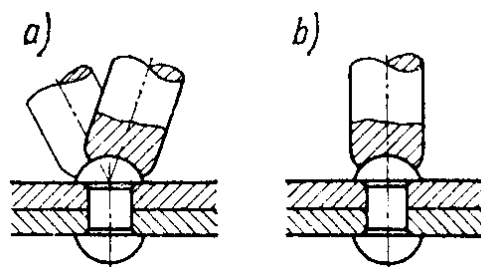
Nitowanie może odbywać się na zimno lub na gorąco (temperatura podgrzania nitu 700 °C – nitowanie maszynowe lub 1000–1100 °C – nitowanie ręczne). Do wykonania połączenia nitowego ręcznego służą przyrządy nitownicze, takie jak: młotki, wsporniki i nitowarki ręczne. Do nitowania maszynowego służą maszyny, zwane niciarkami.

Proces nitowania opisany zostanie na przykładzie nitowania ręcznego na zimno (rys. 9).



**Rys. 9.** Nitowanie ręczne: 1 – łączone blachy, 2 – łeb nitu, 3 – trzon nitu, 4 – zakuwka, 5 – przypór, 6 – nagłówniak, 7 – kleszcze (obejma) [6, s. 1060]

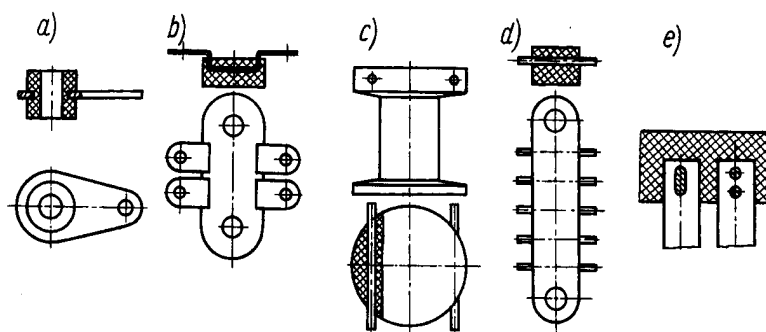
Nitowanie ręczne na zimno stosuje się do nitów z metali ciągliwych (stopów lekkich i stopów miedzi) oraz do nitów stalowych o średnicy do 10 mm. Proces rozpoczyna się od wykonania otworów w częściach łączonych (poprzez wiercenie lub wykrawanie). Następnie nit umieszcza się w otworach łączonych części, uderzając go lekko młotkiem. Po włożeniu nitu do otworów łączonych części i oparciu łba we wgłębieniu przyporu nitowniczego, dociska się części nitownicze dociskaczem i doklepuje młotkiem. Następnie spęcza się trzon nitu przez uderzanie młotkiem w kierunku jego osi, po czym kształtuje się wstępnie zakuwkę bocznymi uderzeniami młotka. Ciężar młotka dobiera się w zależności od średnicy nitu. Ostateczny kształt nadaje się zakuwce za pomocą nagłówniaka. Początkowo ustawia się nagłówniak pod małym kątem (10–15°) do osi nitu, obracając go po każdym uderzeniu młotkiem tak, żeby oś nagłówniaka opisała stożek dokoła osi nitu (rys. 10a). Liczba uderzeń młotkiem powinna wynosić  $10d$ , gdzie  $d$  – średnica nitu w mm. Na koniec ustawia się nagłówniak na osi nitu (rys. 10b) i 2÷4 uderzeniami wyrównuje się łeb nitu.



Rys. 10. Kształtowanie zakuwki nagłówniakiem [6, s. 1060]

### Połączenia przez zalewanie, zaprasowanie, wtopienie

W częściach wykonanych jako odlewy ciśnieniowe ze stopów cynku, aluminium oraz w wypraskach z tworzyw sztucznych można zalewać bądź zaprasowywać inne elementy, całkowicie wykończone, wykonane np. z materiałów twardych lub o większej wytrzymałości. W ten sposób zalewa się wkładki z gwintem (gwint jest trudno odlać, a ponadto wytrzymałość gwintu wykonanego w tworzywie sztucznym jest niewielka), wałki, kołki, wkładki z blachy oraz tulejki łożyskowe mosiężne lub brązowe. Przykłady ilustrujące wymienione rozwiązania przedstawiono na rys. 11.



Rys. 11. Przykłady zalewania i zaprasowywania końcówek lutowniczych [4, s. 38]

### Połączenia lutowane

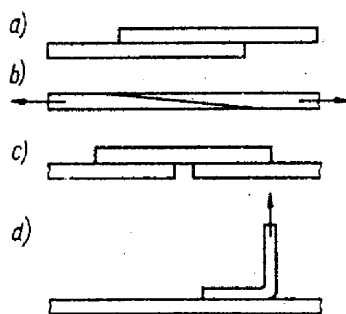
Lutowanie jest to spajanie metali przez doprowadzenie spoiwa, zwanego lutowiem w stanie ciekłym do szczeliny między powierzchniami łączonymi. Podczas lutowania łączone powierzchnie nagrzewają się do temperatury topnienia lutowia, która jest niższa od temperatury topnienia metali elementów łączonych. W zależności od temperatury topnienia lutowia, rozróżnia się lutowanie:

- miękkie – przy użyciu lutów o temperaturze topnienia do 450 °C; głównym składnikiem lutu jest cyna i ołów,
- twarde – przy użyciu lutów o temperaturze powyżej 450 °C; głównym składnikiem lutu jest miedź i cynk.

W połączeniach elektrycznych zwykle stosuje się lutowanie miękkie. Połączenia wykonane lutem miękkim są szczelne, ale mają małą wytrzymałość. Lutowanie twarde zapewnia połączeniu większą wytrzymałość, ma ono jednak pewne niekorzystne cechy – podobnie jak spawanie ulega utlenianiu.

Inne podziały procesów lutowania:

- a) ze względu na miejsce lutowania
  - powlekanie powierzchni lutem,
  - lutowanie połączeń elektrycznych,
  - lutowanie szczelin,
  - spajanie,
- b) ze względu na sposób usuwania tlenków
  - lutowanie z topnikiem,
  - lutowanie w osłonie gazowej,
- c) ze względu na technologię lutowania
  - lutowanie na fali,
  - lutowanie na stacji lutowniczej,
- d) ze względu na sposób wykonywania lutowania
  - lutowanie ręczne,
  - lutowanie maszynowe.
- e) ze względu na rodzaj połączenia rozróżnia się połączenia (rys. 12)
  - zakładkowe,
  - nakładkowe,
  - przykładkowe.



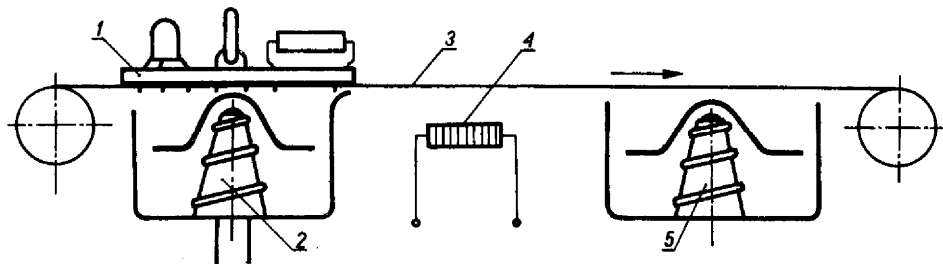
**Rys. 12.** Połączenia lutowane: a) zakładkowe, b) zakładkowe zukosowane, c) nakładkowe, d) przykładkowe [7, s. 131]

Wszystkie luty miękkie są wytwarzane na bazie cyny i ołowiu, często z małym dodatkiem miedzi, srebra, kadmu albo cynku. Powyżej temperatury ok. 183 °C luty miękkie zaczynają się topić. W elektrotechnice stosuje się często luty rurkowe (tinole) zawierające wewnątrz topnik, np. S–Sn63Pb37 (63% cyny, reszta ołowiu i innych dodatków).

W produkcji wielkoseryjnej proces lutowania połączeń na płycie drukowanej można zmechanizować. W metalizowane otwory płytki drukowanej wprowadza się oraz odpowiednio zagina wyprowadzenia mocowanych elementów i tak wstępnie zmontowaną płytkę umieszcza na taśmie. Taśma ta transportuje płytkę nad stojącą falą ciekłego topnika,



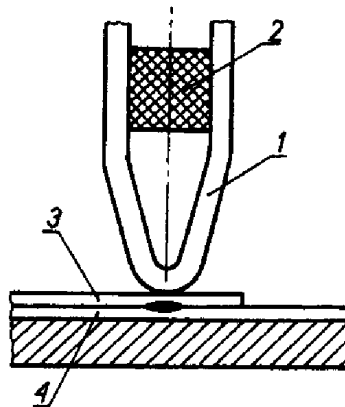
a potem – nad falą roztopionego spoiwa. W ten sposób następuje zwilżenie topnikiem, a następnie zlutowanie wyprowadzeń ze ścieżkami płytki drukowanej (rys. 13).



**Rys. 13.** Zmechanizowane lutowanie na fali stojącej: 1 – płytkę drukowaną z elementami elektronicznymi, 2 – urządzenie wytwarzające falę stojącą topnika, 3 – taśma przenośniczą, 4 – grzałka, 5 – urządzenie wytwarzające falę stojącą lutowia [4, s. 50]

Zmechanizowane lutowanie na fali stojącej zapewnia dużą wydajność procesu oraz dość dobrą jakość połączeń. Pewną wadą tej metody jest możliwość mocowania elementów lutowanych tylko z jednej strony płytki oraz potrzeba zapewnienia dużych wsadów topnika i lutowia do zbiorników, w których są wytwarzane fale stojące.

Do lutowania np. wyprowadzeń mikromodułów do ścieżek płytek drukowanych mogą być stosowane zgrzewarki rezystancyjne. Wyprowadzenia mikromodułów, pokryte uprzednio cienką warstwą lutowia, są dociskane za pomocą elektrody o kształcie przedstawionym na rys. 14. Przepływ prądu przez elektrodę powoduje jej nagrzanie, stopnienie spoiwa i połączenie wyprowadzenia ze ścieżką. Taki sposób lutowania jest korzystny w przypadku łączenia przewodów w postaci cienkich pasków i jest zalecany np. do powierzchniowego montażu mikromodułów.



**Rys. 14.** Lutowanie za pomocą nagrzanej elektrody: 1 – elektroda, 2 – wstawkę izolacyjną, 3 – wyprowadzenie mikromodułu, 4 – ścieżka na płytce drukowanej [4, s. 50]

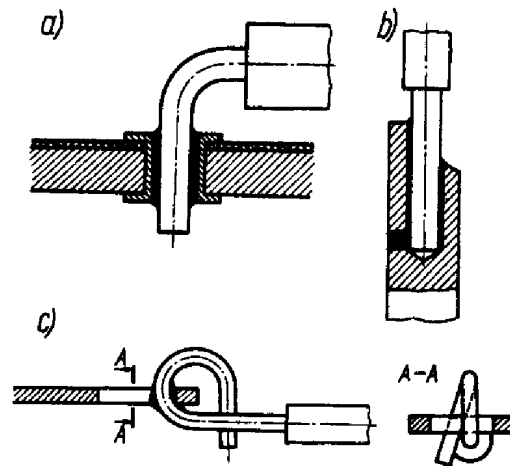
W procesie lutowania za pomocą gorącego gazu stosuje się gaz możliwie obojętny, najczęściej azot. Gaz wypływający pod ciśnieniem ze zbiornika jest ogrzewany przez grzejnik o regulowanej mocy, a następnie kierowany przez dyszę w miejsce lutowania. Lutowie jest dostarczane w postaci pasty lub obrączek (zwiniętych z drutu wykonanego z lutowia), wewnątrz których znajduje się topnik. Przy zastosowaniu tego sposobu należy liczyć się z nagrzewaniem mocowanych elementów, rozdmuchiwanym stopionego spoiwa oraz z trudnościami z uzyskaniem powtarzalnych warunków nagrzewania poszczególnych punktów łączenia.

Niezbędną do lutowania wysoką temperaturę można także uzyskać za pomocą promieni podczerwonych. Promienie te, skupione przez układ optyczny, są kierowane w miejsce, w którym ma nastąpić połączenie elementów.

Dobre połączenie lutowane powstaje wówczas, gdy są spełnione warunki zbliżenia na odległości atomów lutowia i materiałów łączonych. Osiąga się to przez:

- dobór właściwego lutowia,
- przygotowanie łączonych powierzchni,
- dobór parametrów lutowania – głównie temperatury procesu i czasu jego trwania.

Przykłady połączeń lutowanych przedstawiono na rys. 15.



**Rys. 15.** Przykłady połączeń lutowanych: a) wyprowadzenia elementu elektronicznego z otworem w płytce drukowanej, b) przewodu z końcówką złącza, c) przewodu z blaszaną końcówką lutowniczą [4, s. 50]

### Połączenie wciskowe

Ze względu na budowę połączenia wciskowe dzielą się na połączenia:

- bezpośrednie, w których uczestniczą tylko elementy łączone,
- pośrednie, w których uczestniczą dodatkowe elementy pośredniczące, takie jak tuleje, pierścienie itp.

Ze względu na sposób łączenia połączenia wciskowe dzielą się na połączenia:

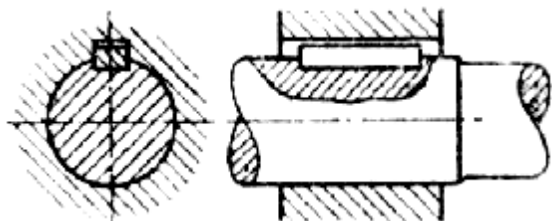
- skurczowe,
- wtlaczane.

Połączenie wciskowe powstaje w wyniku wtlócenia czopa w piastę, mającą mniejszą średnicę niż czop. Do wtlaczania dużych części stosuje się prasy hydrauliczne, śrubowe i zębatkowe oraz specjalne przyrządy. Małe części można wtlaczać przez wbijanie za pomocą młotka, którym uderza się w podkładkę umieszczoną na wtlaczanym przedmiocie. Przy tym sposobie wtlaczania możliwe jest odkształcenie się wtlaczanej części wskutek jej ukośnego ustawienia przy wbijaniu. W celu uniknięcia tego odkształcenia stosuje się trzpienie do wtlaczania, które wbija się do otworu wraz z częścią wtlaczaną.

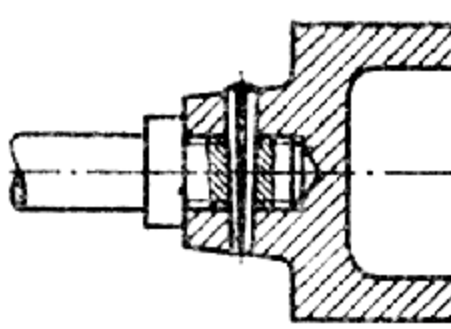
### Połączenia kształtowe (wpustowe, wielowypustowe, kółkowe, sworzniowe i klinowe)

W połączeniach kształtowych łączenie części współpracujących oraz ustalanie ich wzajemnego położenia uzyskuje się przez odpowiednie ukształtowanie ich powierzchni (w połączeniach bezpośrednich) lub zastosowanie dodatkowych łączników (w połączeniach pośrednich). W połączeniach bezpośrednich na powierzchniach styku są wykonane występy i wgłębienia, które po połączeniu elementów spełniają funkcję łącznika. Na rys. 16÷19 pokazano różne rodzaje połączeń kształtowych.

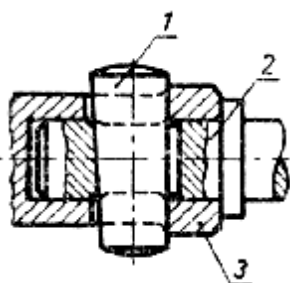
Podstawowym zadaniem połączeń kształtowych jest przenoszenie obciążeń (siły wzdłużnej, poprzecznej lub momentu skręcającego) działających na łącznik. Części łączone mogą być nieruchome względem siebie (połączenie spoczynkowe) lub przesuwne wzdłuż osi (połączenie ruchome).



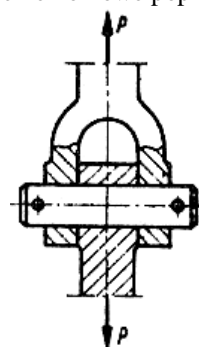
Rys. 16. Połączenie wpustowe [6, s. 372]



Rys. 17. Połączenie kołkowe poprzeczne [6, s. 384]



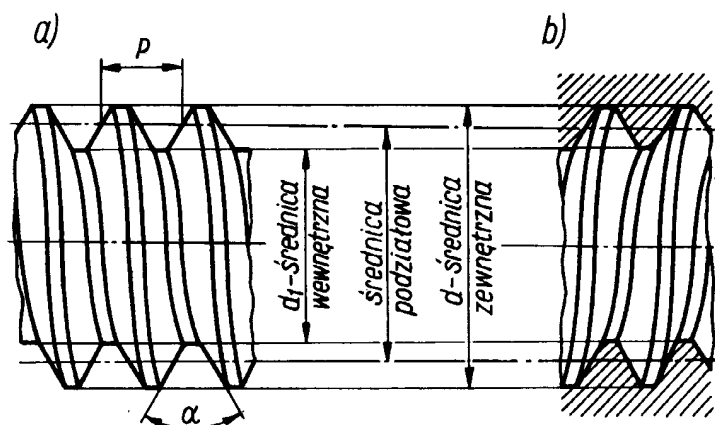
Rys. 18. Połączenie klinowe poprzeczne: 1 – klin, 2 – drąg, 3 tuleja [6, s. 370]



Rys. 19. Połączenie sworzniowe [7, s. 145]

### Połączenia gwintowe

Połączenie gwintowe otrzymuje się, wkręcając element z gwintem zewnętrznym wykonanym na wałku (wkręt, śruba – rys. 20a) w element z gwintem wewnętrznym wykonanym w otworze (nakrętka – rys. 20b).



Rys. 20. Geometria gwintu: a) zewnętrznego, b) wewnętrznego [4, s. 41]

Gwint uzyskuje się przez wykonanie na walcowej (rzadziej stożkowej) powierzchni elementu jednego (gwint jednokrotny), czasem wielu śrubowych rowków o określonym kształcie zarysu (gwint wielokrotny).

W sposób poglądowy powstawanie linii śrubowej można objaśnić nawijając na walec o średnicy  $d$  trójkąt prostokątny o podstawie  $pd$  i wysokości  $P_h$  (skok linii śrubowej). Przeciwprostokątna tego trójkąta tworzy z podstawą kąt  $g$  (kąt wzniosu linii śrubowej).

Gwint zewnętrzny można wykonać za pomocą noża tokarskiego, przez nacinanie narzynką, frezem, tarczą szlifierską lub przez walcowanie. Gwint wewnętrzny zwykle wykonuje się za pomocą noża tokarskiego lub gwintownika.

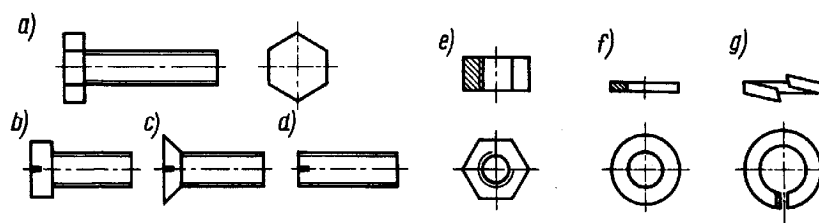
W zależności od kształtu zarysu gwintu rozróżnia się gwinty:

- trójkątne,
- prostokątne,
- trapezowe,
- okrągłe.

Najczęściej są stosowane znormalizowane gwinty metryczne o zarysie trójkątnym (o ściętych dnach i występach – rys. 20) o kącie zarysu  $\alpha = 60^\circ$ .

Znormalizowane gwinty metryczne są samohamowne. Oznacza to, że w połączeniu gwintowym śruba nie może się obrócić na skutek przyłożenia do niej siły osiowej. Do obrotu śruby niezbędne jest przyłożenie momentu obrotowego.

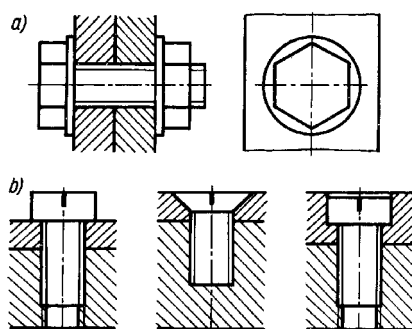
Gwintowe elementy złączne: śruby, wkręty, nakrętki oraz podkładki są znormalizowane. Normy określają kształty i wymiary tych elementów oraz materiały, z jakich są wykonane (stal i miedź). Śrubę obraca się kluczem (ma ona w tym celu odpowiednio ukształtowany łeb). Przykłady najczęściej stosowanych znormalizowanych elementów gwintowych przedstawiono na rys. 21.



**Rys. 21.** Przykłady znormalizowanych elementów złącznych: a) śruba z łbem sześciokątnym, b) wkręt z łbem walcowym, c) wkręt z łbem stożkowym, d) wkręt dociskowy, e) nakrętka sześciokątna, f) podkładka okrągła, g) podkładka sprężysta [4, s. 42]

Podkładki okrągłe (rys. 21f) są zakładane pod łby wkrętów i śrub oraz pod nakrętki w celu zabezpieczenia powierzchni elementów łączonych przed uszkodzeniem podczas dokonywania połączenia. Jest to szczególnie wskazane w przypadku powierzchni wykończonych galwanicznie lub lakierniczo oraz przy łączeniu części z materiałów miękkich. Podkładki sprężyste (rys. 21g) są stosowane w celu zabezpieczenia elementów gwintowych przed samoczynnym odkręceniem się pod wpływem drgań.

Na rys. 22 przedstawiono przykłady połączeń gwintowych.



**Rys. 22.** Przykłady połączeń gwintowych: a) śruby i nakrętki, b) wkrętów [4, s. 43]

W połączeniu za pomocą śrub (rys. 22a) śruba przechodzi luźno przez otwory w obu częściach łączonych oraz w podkładkach i jest mocowana z drugiej strony przez nakrętkę. W połączeniach za pomocą wkrętów wkręt przechodzi luźno przez otwór w jednej części łączonych elementów i jest wkręcany w otwór gwintowany w drugiej części. W celu uzyskania właściwej wytrzymałości złącza gwintowanego należy zapewnić odpowiednią długość skręcania. Zwykle zawiera się ona w granicach  $(0,8\div 2)d$ , gdzie  $d$  – średnica gwintu.

### **Bezpieczeństwo i higiena pracy podczas wykonywania połączeń**

Podczas wykonywania połączeń należy:

- używać właściwej odzieży ochronnej,
- stosować rękawice ochronne,
- używać dodatkowych elementów ochronnych, np. tarcze ochronne przy spawaniu,
- zachować odpowiednią odległość od maszyn,
- połączenia wykonywać w przeznaczonych do tego celu pomieszczeniach,
- zadbać o właściwe warunki klimatyzacyjne w pomieszczeniach.

### **4.1.2. Pytania sprawdzające**

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz połączenia rozłączne?
2. Jakie znasz połączenia nierozłączne?
3. Jakie znasz połączenia mechaniczne?
4. Jakie znasz połączenia elektryczne?
5. Jaka jest różnica między spawaniem elektrycznym a spawaniem gazowym?
6. Jakie środki ostrożności należy zachować podczas wykonywania połączeń?
7. Jakie znasz rodzaje połączeń klejonych?
8. Gdzie stosuje się połączenie nitowe?
9. Jaka jest różnica między lutowaniem miękkim a lutowaniem twardym?
10. W jaki sposób dokonuje się połączenia wciskowego?
11. Jakie znasz rodzaje połączeń kształtowych?
12. W jaki sposób dokonuje się połączenia gwintowego?

### **4.1.3. Ćwiczenia**

#### **Ćwiczenie 1**

Rozpoznaj rodzaj połączenia mechanicznego na podstawie wyglądu zewnętrznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) obejrzeć film przedstawiający wykonywanie połączeń mechanicznych,
- 3) zapoznać się z planszami oraz rysunkami przedstawiającymi połączenia mechaniczne rozłączne i nierozłączne,
- 4) rozpoznać połączenie mechaniczne na podstawie wyglądu zewnętrznego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- połączenia mechaniczne różnych elementów,
- plansze oraz rysunki przedstawiające połączenia mechaniczne rozłączne i nierozłączne,
- filmy dydaktyczne z zakresu wykonywania połączeń mechanicznych.

## Ćwiczenie 2

Rozpoznaj rodzaj połączenia elektrycznego na podstawie wyglądu zewnętrznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) obejrzeć film przedstawiający wykonywanie połączeń elektrycznych,
- 3) zapoznać się z planszami oraz rysunkami przedstawiającymi połączenia elektryczne rozłączne i nierozłączne,
- 4) rozpoznać połączenie elektryczne na podstawie wyglądu zewnętrznego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- połączenia elektryczne różnych elementów,
- plansze oraz rysunki przedstawiające połączenia elektryczne rozłączne i nierozłączne,
- filmy dydaktyczne z zakresu wykonywania połączeń elektrycznych.

## Ćwiczenie 3

Wykonaj montaż połączeń gwintowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) obejrzeć film przedstawiający montaż połączeń gwintowych,
- 4) zapoznać się z instrukcją obsługi przyrządów i narzędzi do montażu połączeń gwintowych,
- 5) dokonać montażu połączeń gwintowych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- przyrządy i narzędzia do montażu połączeń gwintowych,
- części łączone,
- śruby,
- nakrętki,
- podkładki,
- wkrety,
- film dydaktyczny z zakresu wykonywania montażu połączenia gwintowego.

## Ćwiczenie 4

Wykonaj połączenia nitowe.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) obejrzeć film przedstawiający montaż połączeń nitowych,
- 4) zapoznać się z instrukcją obsługi narzędzi do wykonywania połączeń nitowych,
- 5) wykonać połączenia nitowe.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- narzędzia do wykonywania połączeń nitowych,
- części łączone,
- nity,
- film dydaktyczny z zakresu wykonywania połączeń nitowych.

#### 4.1.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) rozpoznać połączenie rozłączne na podstawie wyglądu zewnętrznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) rozpoznać połączenie nierozłączne na podstawie wyglądu zewnętrznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) opisać podstawowe połączenia elektryczne i wskazać ich zastosowanie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) rozróżnić połączenia mechaniczne i wskazać ich zastosowanie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) rozpoznać połączenie spawane na podstawie wyglądu zewnętrznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wykonać połączenie nitowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) rozpoznać połączenie lutowane na podstawie wyglądu zewnętrznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) rozpoznać połączenie wciskowe na podstawie wyglądu zewnętrznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) rozpoznać połączenie kształtowe na podstawie wyglądu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) wykonać połączenie gwintowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.2. Wykonywanie połączeń lutowanych

### 4.2.1. Materiał nauczania

#### Lutownice

Do stopienia lutu potrzebne jest ciepło. To ciepło najczęściej wytwarzane jest przez lutownice (rys. 23, 24). Lutownice elektryczne mają moc od 5 do około 750W (tabela 1). Aby osiągnąć optymalne warunki lutowania, lutownica powinna zapewniać uzyskanie w miejscu łączenia temperatury o 70 – 80 °C wyższej od temperatury topnienia spoiwa (w tej temperaturze zwilżalność lutownicy jest największa). Drugim bardzo istotnym parametrem jest czas lutowania. Zależy on m.in. od temperatury lutowania, rodzaju łączonych elementów (ich pojemności cieplnej), materiałów tych elementów, a także masy i kształtu grotu lutownicy, a zwłaszcza od kształtu jego powierzchni stykającej się z elementami łączonymi. Zbyt długi czas lutowania może spowodować przegrzanie i uszkodzenie wrażliwych na wysoką temperaturę łączonych elementów; zbyt krótki czas może być przyczyną połączenia nietrwałego, o powiększonej rezystancji przejścia.

a)



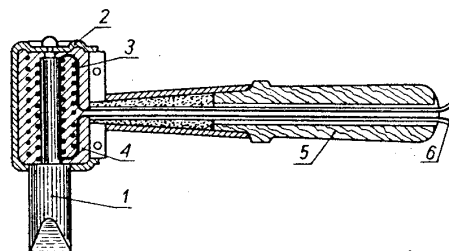
b)



c)



Rys. 23. Lutownice: a) kolbowa, b) transformatorowa, c) stacja lutownicza [9]



Rys. 24. Budowa lutownicy elektrycznej do lutowania miękkiego: 1 – grot, 2 – korpus, 3 – oporowy element grzejny, 4 – izolacja, 5 – uchwyt, 6 – przewód [8, s. 235]



Tabela 1. Rodzaje lutownic elektrycznych [1, s. 54]

Typ i moc lutownicy	Zastosowania
5 W 	Do precyzyjnego lutowania, np. w mikroelektronice.
od 16 W do 30 W 	Do lutowania płytek obwodów drukowanych i wtyków. Do lutowania przewodów o przekroju do 1,5 mm <sup>2</sup> .
od 50 W do 100 W 	Do lutowania kabli i końcówek kablowych do około 4 mm <sup>2</sup> , blachy o grubości do około 1,5 mm. Do prac blacharskich.
od 250 W do 750 W 	Do kabli o przekroju powyżej 10 mm <sup>2</sup> . Lutowanie biegunów w akumulatorach, blach o grubości ponad 2 mm.

Moc grzałki lutownicy powinna zapewniać taki wydatek energii cieplnej, aby po wykonaniu połączenia temperatura grotu nie obniżyła się o więcej niż 20 °C. Do lutowania w warunkach laboratoryjnych miniaturowych elementów elektronicznych wrażliwych na ciepło wystarcza lutownica kolbowa o mocy 15–25 W, w warunkach produkcyjnych – o mocy 25–40 W. Do lutowania dużych elementów elektronicznych oraz wyprowadzeń podzespołów elektromechanicznych i połączeń elektrycznych potrzebna jest lutownica o mocy co najmniej 40–60 W.

### Przygotowanie lutownicy oporowej do pracy

Przygotowanie lutownicy do pracy polega na oczyszczeniu grotu od zanieczyszczeń i od tlenków miedzi. Rozgrzaną lutownicę po zwilżeniu topnikiem pociera się o przygotowany lut, następnie nagrzewa się łączone powierzchnie za pomocą pocierania grotem lutownicy, z którego lut spływa na powierzchnię lutowanych elementów i wypełnia szczelinę, krzepnąc w krótkim czasie.

Po upływie około 30 sekund od momentu nagrzania lutownicy grot miedziany należy oczyścić. Podczas lutowania grot miedziany zużywa się; pod wpływem ciepła miedź jest wytrącana przez lut. W czasie lutowania należy czyścić grot z nagaru, który utrudnia przenoszenie ciepła.

Ciepły grot lutownicy należy wycierać zmoczoną gąbką, a po zakończeniu pracy ocynować.

### Przygotowanie lutownicy transformatorowej do pracy

Na początku należy zwrócić uwagę to, czy końcówka grota lutownicy jest pobielona, tzn. pokryta cyną. Jeżeli grot jest pobielony, to jego kolor jest srebrzysty. Jeżeli nie pobielimy grota, cyna będzie przylegać do grota, co uniemożliwi nanoszenie i rozprowadzenie cyny w miejscu lutowania. Aby pobielić grot lutownicy, należy zanurzyć rozgrzany grot w kalafonii a następnie nabrać niewielką ilość cyny. Pamiętać należy o tym, że nie należy

cały czas trzymać przycisku grzania lutownicy. Schemat postępowania podczas pobielenia grotu:

- oczyścić grot papierem ściernym, szczotką drucianą lub pilnikiem,
- nacisnąć przycisk na ok. 2 sekundy,
- puścić przycisk zanurzając grot w kalafonii,
- nacisnąć ponownie przycisk nabierając cynę,
- wytrzeć jeszcze ciepły grot wilgotną szmatką, aby usunąć nadmiar cyny; pracę tą wykonujemy w rękawiczkach.

Lutownica transformatorowa ma wygląd „pistoletowy”, a więc trzyma się ją w dłoni bardzo wygodnie, dokładnie tak jak pistolet, przycisk załączający lutownicę mając pod palcem wskazującym.

### **Przygotowanie powierzchni do lutowania**

Przed lutowaniem powierzchnie łączone oczyszcza się mechanicznie lub chemicznie. W połączeniach elektrycznych najczęściej stosuje się oczyszczanie chemiczne za pomocą topników. Zadaniem topników jest rozpuszczenie tlenków znajdujących się na łączonych powierzchniach, ochrona tych powierzchni przed utlenianiem oraz obniżenie napięcia powierzchniowego między roztopionym lutowiem a metalami łączonymi, aby w ten sposób ułatwić rozplływanie się i wnikanie lutowia w szczeliny złącza.

Oczyszczone powierzchnie przed lutowaniem zwykle pokrywa się cienką warstwą lutowia (jest to tzw. pobielanie). Zabieg ten bardzo ułatwia przebieg lutowania.

### **Materiały stosowane do lutowania**

Ze względu na intensywność działania topniki dzieli się na aktywne (kwasowe) i bierne (bezkwasowe). Topniki aktywne są skuteczniejsze, lecz są zarazem źródłem korozji połączenia. Po zlutowaniu trzeba je wypłukać lub zneutralizować. Tego rodzaju zabiegi technologiczne nie są możliwe w urządzeniach elektronicznych. Do lutowania części w takich urządzeniach stosuje się więc wyłącznie topniki bezkwasowe, z których najbardziej rozpowszechnionym jest kalafonia lub jej roztwór w alkoholu.

W połączeniach lutowanych jako spoiwa używa się stopów cyny z ołowiem i niewielkim dodatkiem antymonu. Dodatek ołowiu zwiększa wytrzymałość mechaniczną połączenia, obniża temperaturę topnienia spoiwa (która wynosi 183–277 °C) i zapewnia dobrą zwilżalność powierzchni łączonych elementów.

W przypadku, gdy jednym z elementów połączenia jest przewód izolowany, operacja łączenia obejmuje też zabieg zdejmowania izolacji. Zabieg ten najczęściej polega na: przepaleniu i ściągnięciu koszulki izolacyjnej za pomocą drutu rozgrzanego przepływającym przez niego prądem, rozpuszczeniu izolacji w kąpeli chemicznej lub na ogrzewaniu, przecięciu i usunięciu izolacji w sposób mechaniczny za pomocą specjalnych narzędzi. Przygotowywane do lutowania izolowane przewody pokrywa się warstwą lutowia o grubości 8–12 µm.

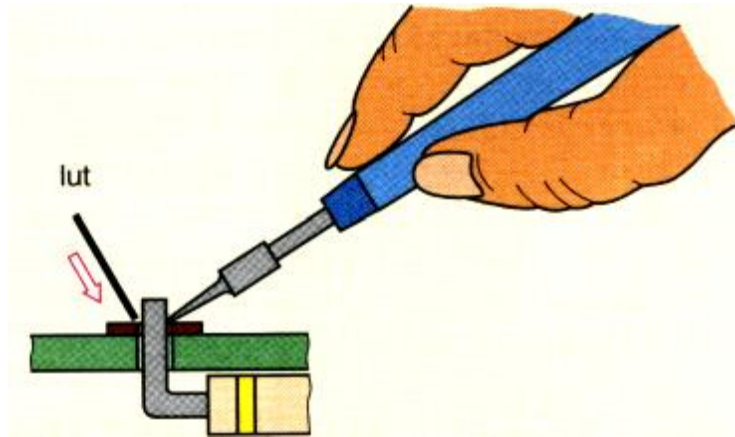
### **Technologia lutowania**

Łączenie metali metodą lutowania obejmuje kilka czynności wykonywanych w pewnej kolejności, a mianowicie:

- przygotowanie elementów do lutowania,
- dobór lutowia, środków ochronnych, topników,
- nagrzewanie,
- topienie lutu,
- chłodzenie,
- kontrola połączeń lutowanych.

## Nagrzewanie

Przy miękkim lutowaniu ciepło jest transportowane od grotu przez płynny lut do miejsca lutowania, przy czym na miejsce lutowania nanosi się lut miękki (rys. 25). Należy uważać, żeby lut przeszedł w stan płynny przez rozgrzanie miejsca lutowania, a nie przez zetknięcie z grottem.



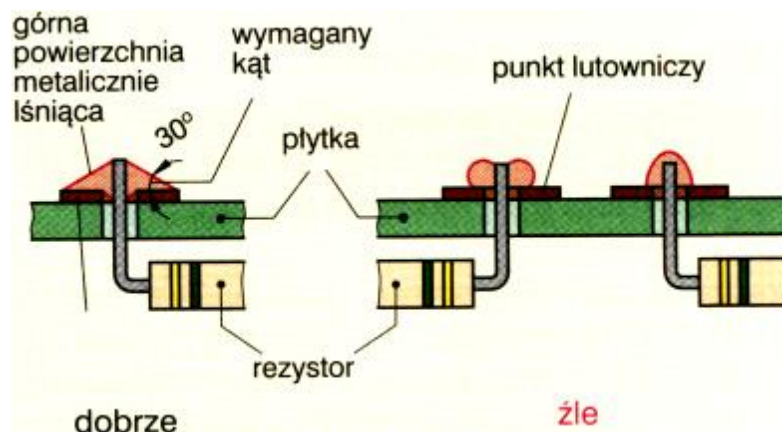
Rys. 25. Sposób trzymania lutownicy podczas lutowania [1, s. 55]

## Topienie lutu

Jeżeli wymagana ilość lutu rozpuści się, tinol i grot lutownicy odsuwa się od punktu lutowania.

## Chłodzenie

Podczas końcowego chłodzenia nie należy ruszać miejsca lutowania. Jeżeli tak się stanie, powstanie zły lut, nie przewodzący, tzw. „zimny lut”. Można go poznać po wyglądzie jego górnej powierzchni. Taki lut ma małą wytrzymałość. Dobry lut (rys. 26) można poznać po gładkiej, metalicznie błyszczącej powierzchni górnej i kącie nachylenia płaszczyzny lutowania.

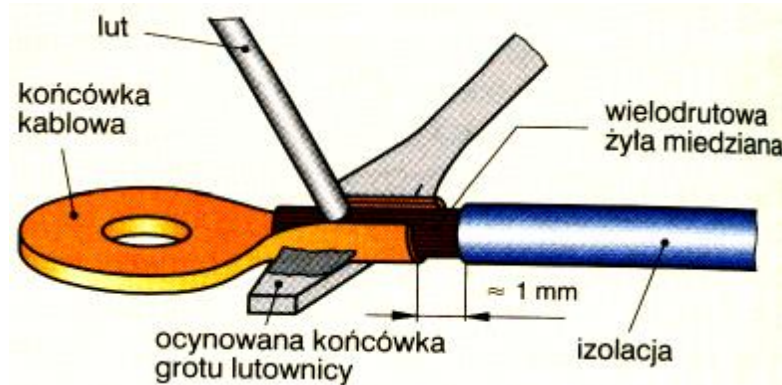


Rys. 26. Sposób wykonania lutowania [1, s. 55]

Podczas lutowania należy dopasować moc lutownicy do wielkości łączonych elementów. Elementy półprzewodnikowe nie powinny podczas lutowania nagrzewać się. Temperatura graniczna i czas lutowania muszą być kontrolowane.

## Lutowanie końcówek kablowych

Przy lutowaniu końcówek od kabli z miedzianymi żyłami w pierwszej kolejności należy ocynować końcówkę żyły. Następnie rozgrzewa się od spodu końcówkę kabla za pomocą lutownicy (rys. 27). Po osiągnięciu w miejscu lutowania temperatury topnienia wprowadza się od góry lut, który roztopia się pod wpływem dostarczonego ciepła. Po ochłodzeniu można umieścić końcówkę w miejscu przyłączenia.



Rys. 27. Lutowanie końcówki kablowej [1, s. 56]

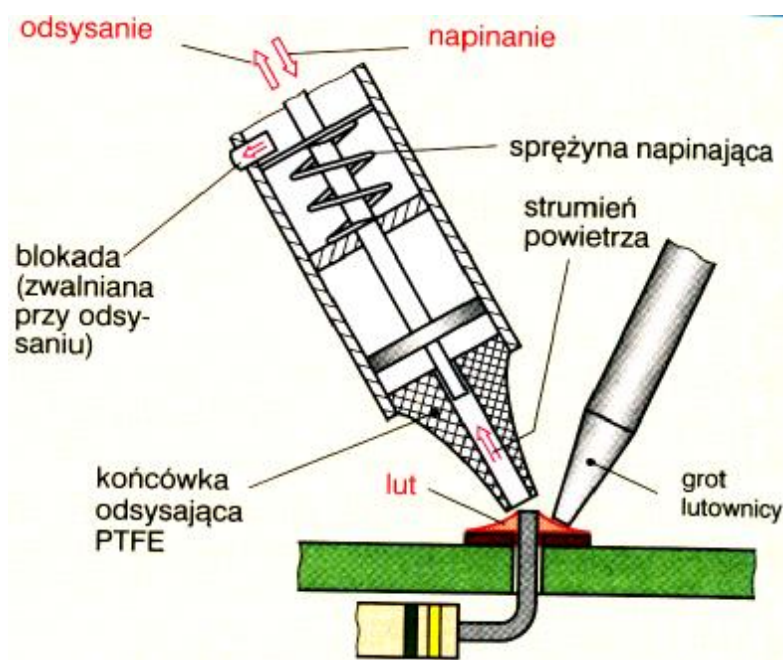
## Lutowanie połączeń

- w razie potrzeby oczyścić łączone części papierem ściernym,
- zewrzeć je i przycisnąć do nich gorący grot,
- przyłożyć drut cynowy w miejscu lutowania, pomiędzy grotem a łączonymi częściami,
- kiedy cyna się roztopi, usunąć grot i pozostawić do zakrzepnięcia.

## Wylutowywanie elementów

Podczas wylutowywania elementów elektronicznych, np. rezystorów lub tranzystorów, stosuje się urządzenie do odsysania cyny lub specjalny drut.

Urządzenie do odsysania cyny (rys. 28) składa się z mechanizmu tłokowego z końcówką ssącą wykonaną z tworzywa sztucznego odpornego na temperaturę. Tłok ssący napina się za pomocą sprężyny. Po nagraniu miejsca lutowania za pomocą lutownicy zbliża się końcówkę ssącą do rozpuszczonego lutu i zwalnia mechanizm tłoka. W ten sposób przez zassanie usuwa się lut z elementu i płytki obwodu drukowanego.



Rys. 28. Wylutowywanie rezystora z płytki obwodu drukowanego przy użyciu odsysacza cyny [1, s. 56]

### Instrukcja bhp na stanowisku lutowania

Podczas lutowania Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

1. Właściwie ustawić (ułożyć) lutowany przedmiot.
2. Ustawiać detale do lutowania w taki sposób, aby uniemożliwić ich przemieszczenie się.
3. Włączyć indywidualny wyciąg powietrza, jeżeli taki jest założony, aby wyziewy gazowe były usuwane ze stanowiska (przy pracy w pomieszczeniu).
4. Usunąć materiały łatwo palne i wybuchowe ze stanowiska, na którym odbywa się operacja lutowania.
5. Używać tylko właściwych, nie uszkodzonych i nie zaoliwionych narzędzi i pomocy warsztatowych.
6. Trawienie styków do lutowania powinno odbywać się z zachowaniem środków ostrożności z zastosowaniem okularów ochronnych i rękawic.
7. Zabronione jest wykonywanie pracy ze środkami trawiącymi przy odkrytych częściach ciała.
8. Podczas wykonania operacji lutowania, koncentrować swoją uwagę tylko na zasadniczych czynnościach.
9. Każdą powierzoną pracę wykonywać dokładnie, zgodnie z obowiązującym procesem technologicznym i według wskazówek zwierzchnika, bezpiecznie, nie stwarzając żadnych zagrożeń dla siebie i otoczenia.
10. Zawsze zachować, o ile to możliwe, właściwą postawę (pozycję ciała) podczas wykonywania lutowania.
11. Lutownicę odkładać na specjalny przyrząd (podtrzymkę).
12. Każdy zaistniały wypadek przy pracy natychmiast zgłaszać nauczycielowi.
13. W razie zaistnienia wypadku przy pracy, stanowisko robocze pozostawić w takim stanie, w jakim nastąpił wypadek, aż do chwili przybycia zespołu powypadkowego.

## 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz rodzaje lutownic?
2. Jaka jest temperatura topnienia lutowania?
3. Jakie materiały stosuje się do lutowania?
4. Do czego służą topniki?
5. Z jakich procesów składa się lutowanie?
6. W jaki sposób lutuje się końcówki kablowe?
7. W jaki sposób dokonuje się lutowania połączeń?
8. Jakie urządzenie wykorzystywane jest przy wylutowywaniu elementów z obwodów drukowanych?
9. Jakie środki ostrożności należy zachować podczas lutowania?

## 4.2.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Przygotuj przewody do lutowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) przyciąć końcówki przewodów,
- 4) zdjąć izolację z końcówek przewodów na odpowiedniej długości,
- 5) przygotować lutownicę do pracy,
- 6) pobielić końcówki przewodów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- narzędzia do przycinania przewodów i zdejmowania izolacji,
- przewody,
- lutownica,
- lutowiec,
- topnik.

### Ćwiczenie 2

Zlutuj przewody.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) przygotować lutownicę do pracy,
- 4) zlutować przewody,
- 5) sprawdzić poprawność wykonanego połączenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- narzędzia do przycinania przewodów i zdejmowania izolacji,
- przewody,
- lutownica,
- lutowie,
- topnik,
- omomierz.

### Ćwiczenie 3

Przylutuj przewody do gniazd i złączy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) przygotować lutownicę do pracy,
- 4) przygotować przewody do lutowania,
- 5) przygotować gniazda i złącza do lutowania,
- 6) przylutować przewody do złączy i gniazd,
- 7) sprawdzić poprawność połączeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- narzędzia do przycinania przewodów i zdejmowania izolacji,
- gniazda,
- złącza,
- przewody,
- lutownica,
- lutowie,
- topnik,
- omomierz.

### Ćwiczenie 4

Przylutuj elementy elektroniczne do płytki drukowanej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) przygotować elementy elektroniczne do lutowania,
- 4) przygotować lutownicę do pracy,
- 5) przylutować elementy elektroniczne do płytki drukowanej,
- 6) sprawdzić poprawność lutowania (zimne luty).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,

- narzędzia do przycinania przewodów i zdejmowania izolacji,
- elementy elektroniczne (rezystory, kondensatory, tranzystory),
- płytki drukowane, np. uniwersalna,
- lutownica,
- lutowie,
- topnik.

### Ćwiczenie 5

Wylutuj elementy elektroniczne z płytki drukowanej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) przygotować lutownicę do pracy,
- 4) wylutować elementy elektroniczne z płytki drukowanej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- płytki drukowane z elementami elektronicznymi,
- lutownica,
- odsysacz cyny.

#### 4.2.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) przygotować lutownicę oporową do pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) przygotować lutownicę transformatorową do pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) pobielić grot lutownicy transformatorowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) pobielić końcówki przewodów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) przygotować powierzchnię do lutowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) przylutować końcówkę kablową do przewodu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wlutować elementy elektroniczne do płytki drukowanej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wylutować elementy z obwodu drukowanego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## 4.3. Rodzaje złącz i ich zastosowanie w maszynach i urządzeniach elektrycznych

### 4.3.1. Materiał nauczania

#### Formowanie oczek

Oczka służą do wykonania połączeń przez założenie przewodów na śruby zaciskowe, np. w wyłącznikach, puszkach przyłączeniowych lub tabliczkach przyłączeniowych silników. Przed wykonaniem oczka należy odizolować przewód. Długość  $l$ , na jakiej należy zdjąć izolację można obliczyć, znając wymagany obwód oczka (średnica śruby pomnożona przez  $\pi$ ), do którego dodaje się 6 mm.

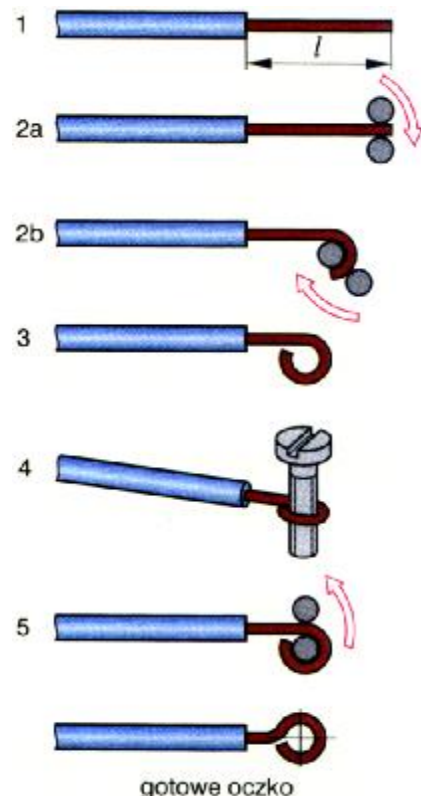
Do zaginania oczek stosuje się szczypce okrągłe (rys. 29). Przez odpowiednie ułożenie przewodu na okrągłych szczękach szczypiec można uformować oczko o średnicy wewnętrznej dopasowanej do średnicy śruby.

Czynności przy formowaniu oczka należy wykonywać w następującej kolejności (rys. 30):

- odizolowanie przewodu na wymaganej długości,
- uformowanie oczka na odizolowanym odcinku przewodu, zgodnie z rys. 30; oczko musi być zamknięte,
- kontrola poprawności wykonania oczka na śrubie o właściwej średnicy,
- centrowanie oczka wzdłuż osi przewodu.



Rys. 29. Szczypce okrągłe [1, s. 48]

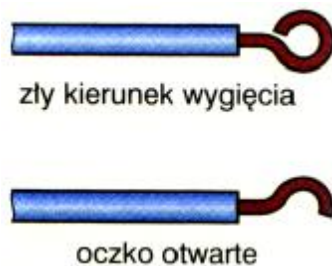


Rys. 30. Kolejność czynności przy wyginaniu oczka [1, s. 48]

Podczas wykonywania połączeń elektrycznych za pomocą formowanych oczek należy postępować według określonych zasad:

- kierunek zawinięcia oczka (rys. 30) musi być zgodny z kierunkiem dokręcania śruby lub nakrętki, co zapewni, że przy dokręcaniu oczko nie będzie się odwijać,
- oczko musi być zawsze umieszczone pomiędzy podkładkami i zabezpieczone przed odkręceniem.

Błędem podczas formowania oczka jest niewłaściwy kierunek zawinięcia lub zbyt krótki odizolowany odcinek przewodu (rys. 31). Oczka można stosować jedynie w wypadku przewodów jednożyłowych. Niedopuszczalne jest wykonywanie oczek na ocynowanych końcówkach cienkich przewodów lub przewodów wielodrutowych, ponieważ ulegają one deformacji pod wpływem nacisku podczas dokręcania. Może to być przyczyną obluźnienia połączenia i pogorszenia kontaktu. Końcówki cienkich przewodów lub przewodów wielodrutowych powinny być zaopatrzone w tulejki, końcówki lub oczka kablowe (rys. 32). Oczka kablowe produkują się w różnych rozmiarach, zależnie od średnicy stosowanych śrub i przekrojów przewodów. Do równomiernego formowania oczek stosuje się specjalne szczypce. W wyposażeniu szczypców znajduje się duży wybór dodatkowych nasadek przystosowanych do różnych rozmiarów oczek kablowych. Przed zaciśnięciem przewodu w oczku należy go odizolować, podzielić na dwie równe części i każdą z nich oddzielnie skrócić. Następnie skrócić ponownie obie części razem (pojedynczy obrót) po to, aby izolacja nie mogła się dostać pod zaciskane oczko. Założyć oczko i po nawinięciu na nie obu części ponownie je skrócić w jeden przewód. Na koniec zaciśnąć oczko za pomocą szczypców (rys. 32).



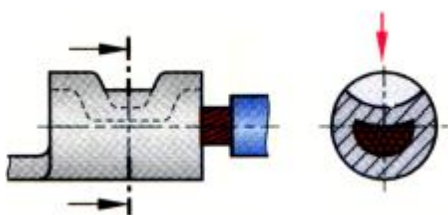
Rys. 31. Nieprawidłowo wygięte oczka [1, s. 48]



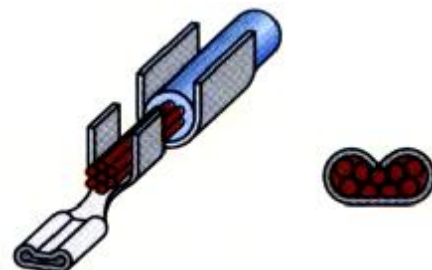
Rys. 32. Przewód wielodrutowy z oczkiem [1, s. 48]

### Połączenia zaciskane i krępowane

Tego typu połączenia wykonuje się pomiędzy przewodem i tuleją kablową względnie końcówką kablową. Podczas zaciskania proces formowania połączenia zachodzi tylko z jednej strony (rys. 33). Także przy zaciskaniu końcówek konektorowych (krępowanie) proces formowania połączenia zachodzi z jednej strony, przy czym oba listki łączówki są jednocześnie zawijane i tworzą tulejkę (rys. 34).



Rys. 33. Połączenie zaciskane (jednostronne formowanie materiału) [1, s. 49]



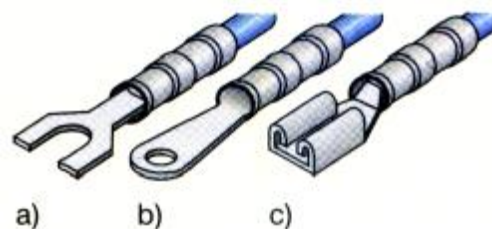
Rys. 34. Połączenie krępowane (jednostronne formowanie materiału przez zagięcie łapek tulejki) [1, s. 49]

Wykonując połączenie zaciskowe należy odizolować żyłę, wsunąć ją w tuleję lub końcówkę kablową i zacisnąć. Do zaprasowania stosuje się prasy pneumatyczne, hydrauliczne lub ręczne.

Tuleje kablowe, względnie końcówki kablowe wykonane są najczęściej z miedzi lub na bazie miedzi. Są gładkie, w celu ochrony przed korozją, ocynowane i często wyposażone w kolorowy kołnierzyk z tworzywa sztucznego. Wewnętrzne powierzchnie końcówek konektorowych są często pokryte rowkami. Przy krępowaniu i formowaniu tulejki przewód jest w nie wciskany. W ten sposób można zniszczyć warstwy tlenków utrudniające przewodzenie oraz zwiększyć wytrzymałość mechaniczną złącza. Wytrzymałość tak wykonanego złącza jest równa od 70–100 % wytrzymałości mechanicznej materiału, z jakiego wykonano żyłę przewodnika. Kolejną zaletą połączeń konektorowych jest to, że nie ma potrzeby zdejmowania izolacji z lakieru z poszczególnych drutów w żyłe przewodu.

Zasady postępowania przy zakładaniu końcówek kablowych (rys. 35) i przy połączeniach zaciskanych:

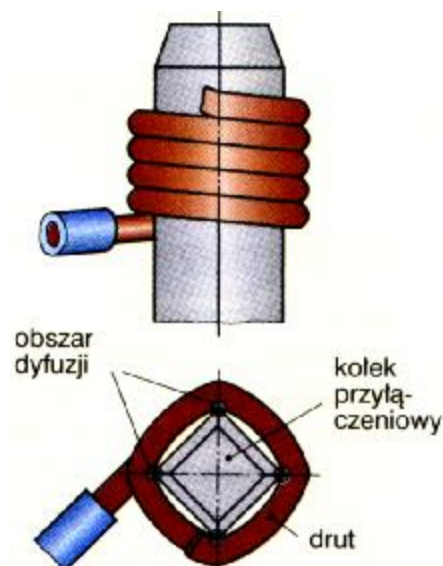
- należy oczyścić żyły przewodu z warstwy brudu i tlenków,
- wsunąć przewód do końcówki lub tulei kablowej,
- przed zaciśnięciem sprawdzić, czy narzędzie do zaciskania ma oznaczenie odpowiadające rozmiarowi końcówki lub tulei kablowej,
- końcówkę kablową należy zacisnąć w kierunku od ucha do brzegu tulei. Przy tulei proces ten trzeba rozpocząć od jej środka.



Rys. 35. Kończówki kablowe: a) otwarta, b) zamknięta, c) wsuwana (konektorowa) [1, s. 49]

### Połączenia owijane (Wire – Wrap)

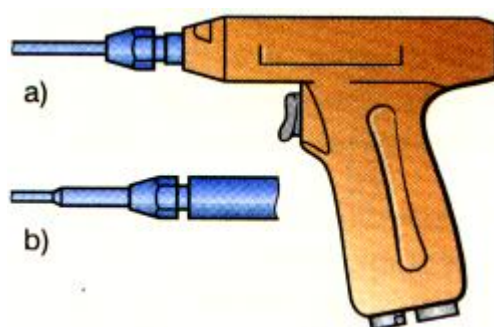
Przy połączeniach owijanych (Wire – Wrap) odizolowany, jednożyłowy przewód po naciągnięciu nawija się na bolec o przekroju kwadratowym (rys. 36).



Rys. 36. Połączenie owijane [1, s. 50]

Przy zaginaniu się na ostrych krawędziach bolca drut rozciąga się i jednocześnie ulega deformacji. W ten sposób zwiększa się znacznie powierzchnię styku. Jednocześnie powstaje tzw. zimne połączenie. Dzięki sprężystości drutu zastosowanego do owijania uzyskuje się bardzo dużą siłę docisku i szczelną powierzchnię styku.

Do wykonania połączenia wystarczy od 3 do 8 zwojów (rys. 36), w zależności od średnicy drutu. Cienkie druty będą miały większą liczbę zwojów. Najczęściej używane są druty o średnicy od 0,25–1,0 mm. Siła naciągu drutu przy owijaniu ma wartość od 1–10 N. Do wykonywania tego typu połączeń służą pistolety z napędem elektrycznym lub pneumatycznym (rys. 37a). Spotyka się także narzędzia do ręcznego wykonywania połączenia owijanego (rys. 37b). Zaletą tej techniki, zwanej krótko „owijaniem”, jest znacznie krótszy czas wykonania połączenia w porównaniu z techniką lutowania. Ważne jest także to, że w technice połączeń owijanych nie ma możliwości uszkodzenia elementów wrażliwych na wysoką temperaturę. Połączenie można w każdej chwili usunąć. Raz wykorzystany drut nie może być ponownie użyty.



**Rys. 37.** Narzędzia do wykonywania połączeń owijanych: a) pistolet, b) przyrząd do owijania ręcznego [1, s. 50]

### Połączenia na zapinkę (Termi – Point)

W połączeniach na zapinkę jeden lub więcej przewodów mocuje się za pomocą specjalnego sprężystego klipsa do kształtników o prostokątnym przekroju (rys. 38).



**Rys. 38.** Połączenie na zapinkę: a) budowa, b) przekrój połączenia zapinanego [1, s. 50]

Przed wykonaniem tego połączenia przewód nie musi być odizolowany, ponieważ podczas wsuwania żyły do zapinki izolacja zostanie mechanicznie zniszczona. Siła nacisku w tym połączeniu, wywołana przez odpowiednią sprężystość klipsa, jest porównywalna z siłą, jaka występuje przy połączeniach owijanych. Na zapinkę można łączyć przewody jednożyłowe o średnicy do ok. 1 mm oraz cienkie przewody wielożyłowe o przekroju od 0,05–0,65 mm<sup>2</sup>.

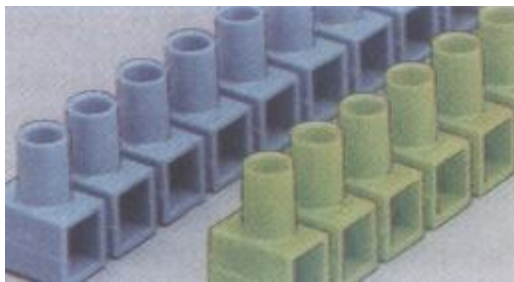
## Zaciski przyłączeniowe

Zaciski to elementy przystosowane do łączenia przewodów. Zaciski muszą zapewnić odpowiednio duży docisk, aby rezystancja przejścia była mała. Przy zwiększonej rezystancji przejścia powstaje dodatkowy spadek napięcia, a miejsce połączenia nagrzewa się niebezpiecznie. Obluzowanie zacisku nie zapewnia dobrego, pewnego kontaktu i może być przyczyną zakłóceń, np. w odbiorze sygnału radiowego lub telewizyjnego. Wadliwe połączenie może być także przyczyną pożaru. Iskrzące styki są najczęściej występującą elektryczną przyczyną zaprószenia ognia. Skręcanie przewodów jest zabronione, ponieważ nie zapewnia dobrego, pewnego styku.

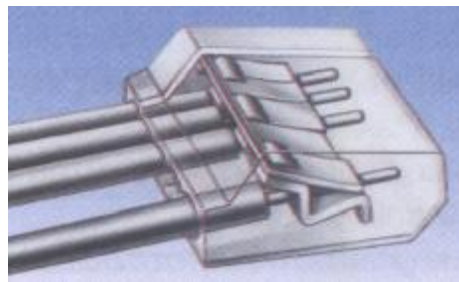
Części przewodzące prąd w zacisku są przeważnie wykonane z miedzi niklowanej lub pokrytej warstwą ołowiowo-cynkową. Czasami zaciski wykonuje się z ocynkowanej stali.

Rozróżnia się następujące rodzaje zacisków:

- zaciski śrubowe, np. listwa zaciskowa (rys. 39),
- zaciski bezśrubowe (rys. 40 i rys. 42).



Rys. 39. Listwy zaciskowe [1, s. 51]



Rys. 40. Budowa zacisku bezśrubowego [1, s. 51]

W przypadku zacisków bezśrubowych odpowiedni docisk zapewniony jest przez kulkę lub specjalną sprężynę. Aby przyłączyć przewód w zacisku tego typu, należy nacisnąć sprężynę względnie kulkę i wsunąć do oporu odizolowaną końcówkę przewodu. Połączenia bezśrubowe można rozłączyć za pomocą wkrętaka lub przez obracanie przewodu.

Ze względu na przeznaczenie rozróżnia się:

- listwy zaciskowe,
- zaciski listwowe,
- kostki przyłączeniowe,
- zaciski aparatowe.

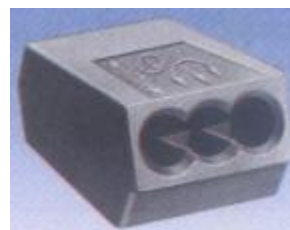
Listwy zaciskowe (rys. 39 i rys. 41), np. do puszek, łączą ze sobą przewody elektryczne w puszcze rozgałęźnej. Do puszek mogą być także stosowane zaciski bezśrubowe, wtykane (rys. 42).

Zaciski listwowe (rys. 43) służą do połączeń w szafach sterowniczych i rozdzielnicach.

Kostki przyłączeniowe, np. kostki oświetleniowe, służą do przyłączeń zewnętrznych (przyłączenie napięcia zasilania) w pojedynczych urządzeniach lub w zespole urządzeń (rys. 42). Kostki oświetleniowe realizują połączenie między jednożyłowym przewodem zasilającym (siecią zasilającą) a linką przewodu z oprawy oświetleniowej.



**Rys. 41.** Listwy zaciskowe i kostki przyłączeniowe [1, s. 51]



**Rys. 42.** Kostka przyłączeniowa (połączenie wsuwane, bezśrubowe) [1, s. 51]



**Rys. 43.** Zaciski listwowe [1, s. 51]

Zaciski aparatowe wykorzystuje się wewnątrz przyrządów, np. w wyłącznikach i wtyczkach. Zaciski stosowane w oprawach oświetleniowych nazywa się kostkami oświetleniowymi lub kostkami świecznikowymi.


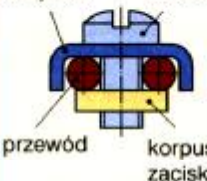
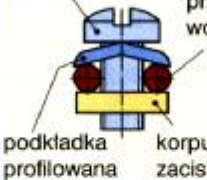
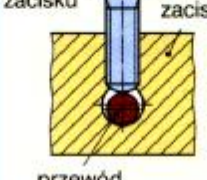
Ze względu na konstrukcję zaciski dzieli się na:

- powierzchniowe – przewód jest mocowany pod obejmką przez dokręcenie śruby,
- gniazdowe – składające się z korpusu zacisku, śruby, a także podkładki dociskającej; podkładka dociskająca chroni przewód przed ścinaniem podczas dokręcania śruby,
- strzemiączkowe – w górnej części mają elastyczną podkładkę, która chroni przewód przed uszkodzeniem podczas dokręcania śruby zaciskowej.

Ze względu na rodzaj kontaktu (tabela 2) zaciski dzieli się na zaciski:

- z pazurkiem prowadzącym,
- z obejmą,
- z profilowaną podkładką,
- tulejkowe.

**Tabela 2.** Podział zacisków gwintowych jednośrubowych [1, s. 52]

Rodzaj zacisku	Rysunek	Przykład zastosowania
Zacisk z pazurkiem prowadzącym		gniazda wtykowe, przyciski, wyłączniki ochronne, przekaźniki, gniazda i oprawy, elementy zabezpieczające
Zacisk z obejmką		
Zacisk z profilowaną podkładką		
Zacisk tulejkowy		

### 4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Według jakich zasad należy postępować podczas wykonywania połączeń elektrycznych za pomocą formowanych oczek?
2. Według jakich zasad należy postępować przy zakładaniu końcówek kablowych i przy połączeniach zaciskanych?
3. W jaki sposób dokonuje się połączeń owijanych?
4. W jaki sposób dokonuje się połączeń na zapinkę?
5. Do czego służą zaciski przyłączeniowe?
6. Jakie znasz rodzaje zacisków przyłączeniowych?
7. W jaki sposób dokonuje się łączenia przewodów w listwach zaciskowych?

### 4.3.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Rozpoznaj podstawowe złącza stosowane w urządzeniach elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) obejrzeć film przedstawiający podstawowe złącza stosowane w urządzeniach elektrycznych lub zapoznać się z planszami oraz rysunkami przedstawiającymi podstawowe złącza stosowane w urządzeniach elektrycznych,
- 4) rozpoznać podstawowe złącza stosowane w urządzeniach elektrycznych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- podstawowe złącza stosowane w urządzeniach elektrycznych,
- plansze oraz rysunki przedstawiające podstawowe złącza stosowane w urządzeniach elektrycznych,
- film dydaktyczny przedstawiający podstawowe złącza stosowane w urządzeniach elektrycznych.

#### Ćwiczenie 2

Uformuj oczka służące do wykonania połączeń przez założenie przewodów na śruby zaciskowe.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) zapoznać się ze sposobem formowania oczek,
- 4) zapoznać się z instrukcją obsługi narzędzi służących do formowania oczek,
- 5) uformować oczka służące do wykonania połączeń przez założenie przewodów na śruby zaciskowe.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- narzędzia służące do formowania oczek,
- narzędzia służące do zdejmowania izolacji,
- przewody,
- śruby,
- film dydaktyczny lub plansze i rysunki przedstawiające sposób formowania oczek.



### Ćwiczenie 3

Wykonaj połączenia zaciskowe.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) zapoznać się ze sposobem wykonywania połączeń zaciskowych,
- 4) wykonać połączenia zaciskowe.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- przewody,
- końcówki kablowe lub tuleje kablowe,
- narzędzia służące do zdejmowania izolacji,
- narzędzia do zaciskania.

### Ćwiczenie 4

Przykręć przewody do listew zaciskowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) zapoznać się ze sposobem przykręcania przewodów w listwach zaciskowych,
- 4) przykręcić przewody do listew zaciskowych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- wkrętaki,
- listwy zaciskowe,
- przewody,
- narzędzia służące do zdejmowania izolacji.

#### 4.3.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) uformować oczka służące do wykonania połączeń przez założenie przewodów na śruby zaciskowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wykonać połączenie zaciskane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wykonać połączenie krępowane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wykonać połączenie owijane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wykonać połączenie na zapinkę?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) dokonać łączenia przewodów w listwach zaciskowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.4. Rodzaje połączeń sprężystych

### 4.4.1. Materiał nauczania

#### Połączenia sprężyste

Połączenia sprężyste dwóch części maszyn umożliwiają ich wzajemne przesunięcia i obroty w określonych granicach, zależnych od wymiarów połączenia i sztywności łącznika sprężystego. Połączenia sprężyste można uzyskać za pomocą sprężyn metalowych lub sprężynic (np. gumowych).

#### Sprężyny

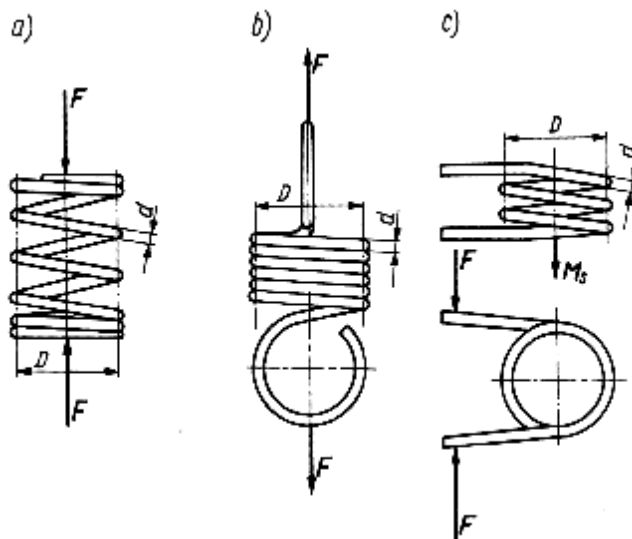
Sprężyny to elementy konstrukcyjne podlegające znacznym odkształceniom pod wpływem obciążeń zewnętrznych i powracające do wymiarów pierwotnych po usunięciu tych obciążeń. Sprężyny służą najczęściej do wywierania siły lub momentu siły oraz do magazynowania energii odkształcenia sprężystego. Energia ta bywa następnie oddawana w postaci pracy wykonanej przez sprężynę.

W budowie sprzętu elektronicznego najczęściej stosowane są sprężyny:

- śrubowe,
- stykowe,
- włosowe,
- termobimetalowe.

**Sprężyny śrubowe** najczęściej wykonywane są z drutu o przekroju kołowym. W zależności od rodzaju kierunku działania siły i odkształcenia zwojów sprężyny śrubowe (rys. 44) dzielimy na:

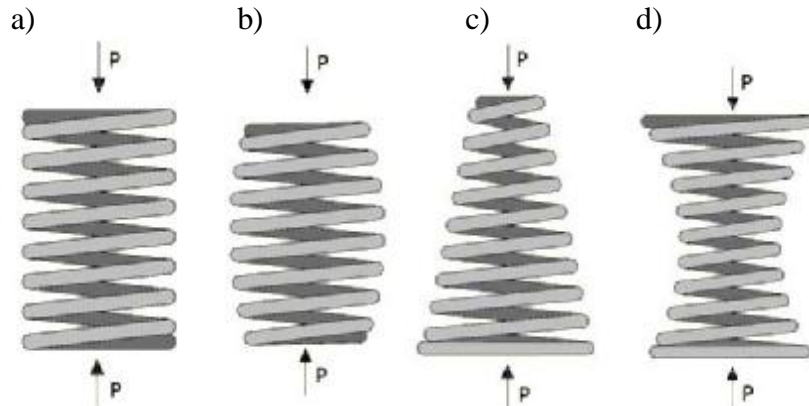
- naciskowe,
- naciągowe,
- skrętne.



Rys. 44. Sprężyny śrubowe: a) naciskowa, b) naciągowa, c) skrętna,  $D$  – średnia średnica nawinięcia sprężyny,  $d$  – średnica drutu,  $F$  – siła,  $M$  – moment siły [4, s. 57]

W zależności od kształtu sprężyny śrubowe (rys. 45) dzielimy na:

- walcowe,
- stożkowe,
- baryłkowe
- klepsydrowe.



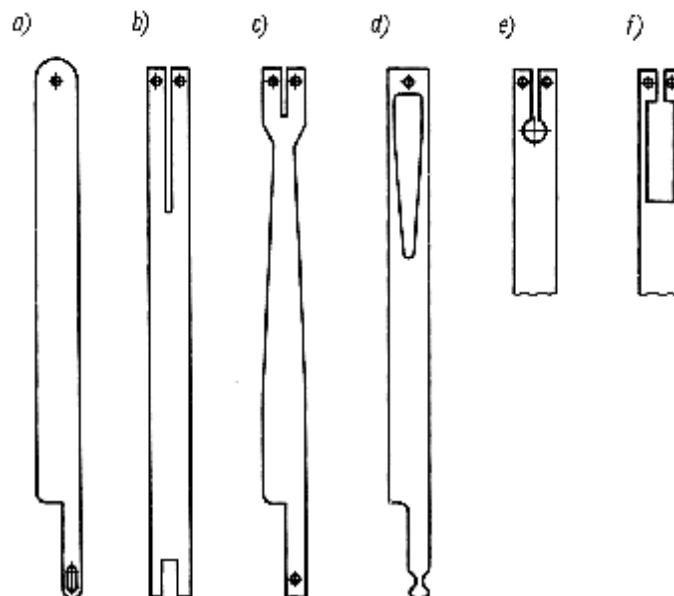
**Rys. 45.** Sprężyny śrubowe w zależności od kształtu: a) walcowa, b) baryłkowa, c) stożkowa, d) klepsydrowa [10]

Sprężyna naciskowa pod obciążeniem zmniejsza swoją długość. Odkształcenie sprężyny naciskowej jest ograniczone dopuszczalnymi naprężeniami (wynikającymi z obciążenia) oraz odległością między zwojami w stanie swobodnym (nie obciążonym) sprężyny. Na skutek obciążenia odległość między zwojami zmniejsza się.

Sprężyna naciągowa na skutek obciążenia zwiększa swoją długość. Przy jej zastosowaniu należy przewidzieć w mechanizmie miejsce umożliwiające wydłużenie się sprężyny.

Sprężyna skrętna pod wpływem przyłożonej siły ulega skręceniu. Przy zbyt dużym kącie skręcenia sprężyna ulega wyboczeniu. Aby temu zapobiec i umożliwić normalną pracę, zwykle prowadzi się ją na trzpieniu.

Sprężyny śrubowe są powszechnie stosowane we wszelkiego rodzaju przełącznikach, zatraskach i elementach ustalających nastawiane położenie zespołów, w przekładniach z kasowanymi luzami itp.



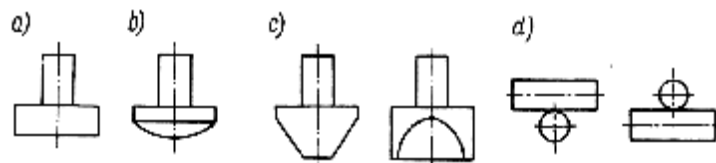
**Rys. 46.** Przykłady kształtów sprężyn stykowych [4, s. 63]

Układy **sprężyn stykowych** stosuje się w urządzeniach elektronicznych do zamykania, otwierania i przełączania obwodów elektrycznych. Najprostszy układ stykowy składa się z dwóch sprężyn i przymocowanych do nich stycek. Zadaniem sprężyn jest doprowadzenie prądu i wytworzenie nacisku stykowego, umożliwiającego przepływ prądu między stykami.

Kształty sprężyn stykowych przedstawiono na rys. 46. Sprężyny te są wykonywane z taśm lub blach z brązu lub nowego srebra.

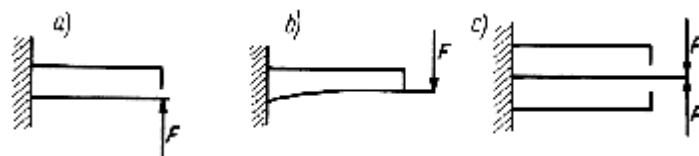
Sprężyny mogą mieć jedną styckę lub (dla zwiększenia pewności działania) dwie stycki. W tym ostatnim przypadku koniec sprężyny jest rozcięty. Drugi koniec sprężyny, do którego przymocowuje się przewód doprowadzający prąd, jest z reguły węższy. Ułatwia to, w przypadku kilku sprężyn umieszczonych jedna nad drugą, dojście grotu kolby podczas lutowania.

Stycki mocuje się do sprężyn przez nitowanie, lutowanie, zgrzewanie. Kształty stycek przedstawiono na rys. 47. Stycki najczęściej wykonuje się ze srebra, przy małych naciskach – ze stopów złota ze srebrem lub z platyny, a gdy wymagana jest duża liczba zadziałań – z wolframu lub rodu.



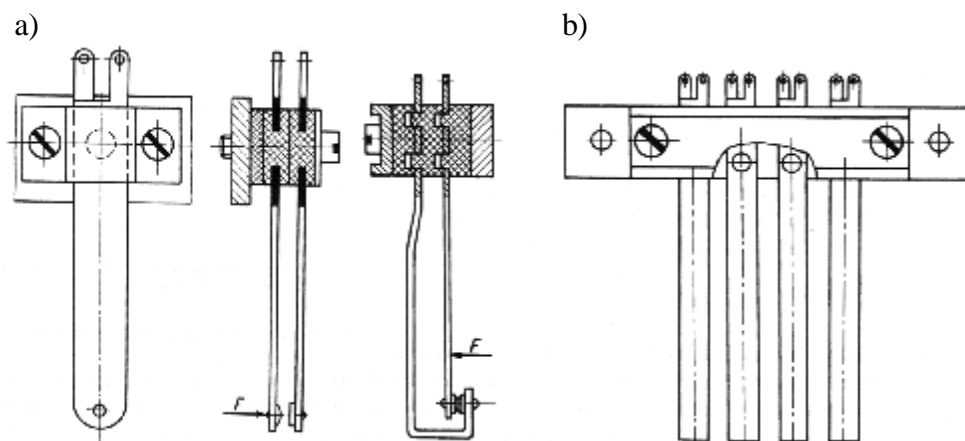
**Rys. 47.** Stycki: a) walcowa, b) kulista, c) walcowa ścięta, d) beleczkowa [4, s. 63]

Układy stykowe dzieli się na zwierne (zamykające), rozwiernie (otwierające) lub przełączające (rys. 48).



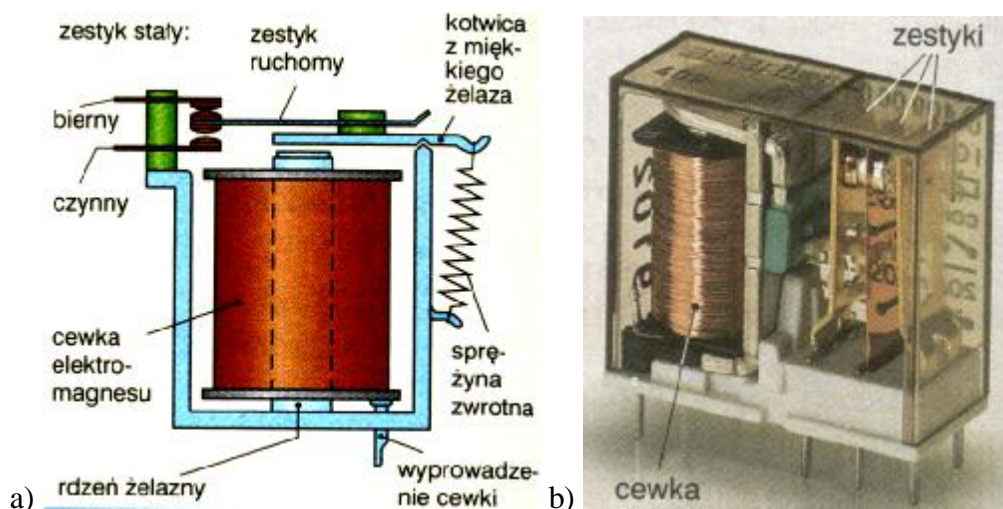
**Rys. 48.** Schematy układów stykowych: a) zwierny, b) rozwierny, c) przełączający [4, s. 64]

Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych układów stykowych przedstawiono na rys. 49. Na rys. 49a pokazano układ zwierny ze sprężynami zaprasowanymi w podkładkach, a na rys. 49b układ rozwierny ze sprężynami między przekładkami. Układy te po zmontowaniu są unieruchamiane za pomocą wkrętów.



**Rys. 49.** Schematy układów stykowych: a) zwierny, b) rozwierny [4, s. 64]

Na rys. 50 pokazano budowę przekaźnika z wykorzystaniem układów stykowych przełączanych za pomocą pola magnetycznego wytworzonego przepływem prądu w cewce. Sprężyna zwrotna zastosowana w przekaźniku służy do tego, by po odłączeniu napięcia od cewki kotwica wraz ze stykiem ruchomym powróciła do położenia spoczynkowego.

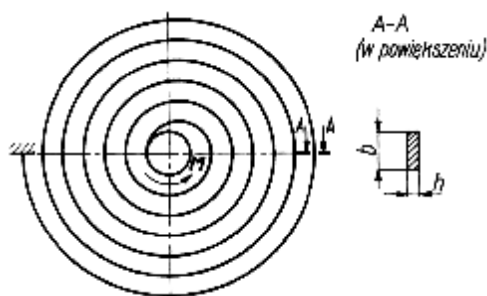


Rys. 50. Przekaźnik: a) budowa, b) przekaźnik do obwodów drukowanych [1, s. 84]

**Sprężyny włosowe** to sprężyny spiralne, wykonane z taśmy o przekroju prostokątnym (rys. 51). Podczas pracy zwoje sprężyny nie powinny się stykać. Sprężyny włosowe są stosowane w urządzeniach elektronicznych (również pomiarowych) jako sprężyny pomiarowe, zwrotne kasujące luz oraz doprowadzające prąd do części ruchomych.

Wymagania dotyczące sprężyn włosowych pomiarowych to: liniowość, powtarzalność charakterystyk, małe zmiany sztywności pod wpływem temperatury. Sprężyny takie są stosowane w przyrządach pomiarowych do zrównoważenia momentu wywołanego przez wielkość mierzoną.

Sprężyny włosowe doprowadzające prąd do części ruchomych są stosowane tam, gdzie doprowadzenie prądu w inny sposób powoduje niepożądane dodatkowe opory ruchu, a więc w miernikach elektrycznych, potencjometrach.

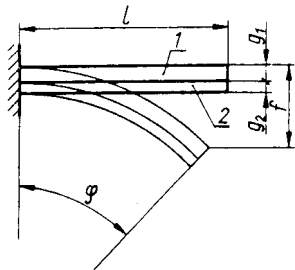


Rys. 51. Sprężyna włosowa [4, s. 65]

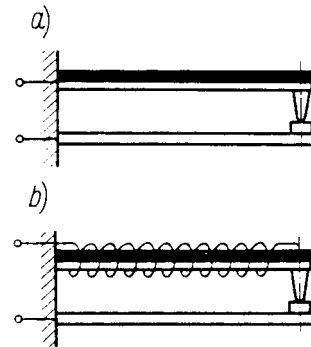
**Termobimetałe** to elementy sprężynujące wykonane w kształcie płytek lub taśm, składających się z dwóch warstw metali o różnych współczynnikach rozszerzalności cieplnej, połączonych ze sobą trwale przez: zgrzewanie, zwalcowanie lub zlutowanie.

Ogrzanie termobimetalu powoduje większe wydłużenie warstwy wykonanej z materiału o większym współczynniku rozszerzalności cieplnej (tzw. warstwy czynnej) niż warstwy

o mniejszym współczynniku (tzw. warstwy biernej). Wskutek tego następuje wygięcie termobimetalu w kierunku warstwy biernej (rys. 52).



**Rys. 52.** Termobimetal: 1 – warstwa czynna, 2 – warstwa bierna [4, s. 67]



**Rys. 53.** Przykłady termobimetali zastosowanych w urządzeniach nadmiarowo-prądowych: a) nagrzewany bezpośrednio przepływem prądu, b) nagrzewany pośrednio [4, s. 67]

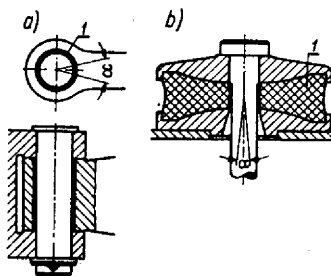
Termobimetale stosuje się:

- do pomiaru temperatury,
- jako czujniki temperatury w urządzeniach termoregulacyjnych,
- w układach kompensujących zmiany długości, siły, ciśnienia powodowane zmianami temperatury,
- w zabezpieczeniach nadmiarowo-prądowych i innych układach zwłoczných (rys. 53).

W zależności od materiałów użytych na termobimetal istnieje temperatura, której przekroczenie powoduje jego uszkodzenie. Dlatego każdy termobimetal ma określony zakres temperatury pracy.

Na warstwę bierną termobimetali o temperaturze pracy do 200 °C najczęściej stosuje się inwar (64% Fe, 36% Ni), który ma bliski zeru współczynnik rozszerzalności cieplnej. W przypadku wyższej temperatury pracy stosuje się stopy żelaza z niklem o zawartości niklu ponad 42%. Na warstwę czynną stosuje się zwykle wysokostopową stal nierdzewną, mosiądz, tombak.

**Sprężynice gumowe** wytwarza się przez nawulkanizowanie gumy na powierzchni metalowych części, służących do łączenia z innymi częściami metalowymi. Przykłady sprężynic gumowych przedstawiono na rys. 54.



**Rys. 54.** Sprężynice gumowe: a) obciążona siłami skręcającymi, b) obciążona siłami ściskającymi [6, s. 454]

## 4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest połączenie sprężyste?
2. Co to jest sprężyna?
3. Jakie znasz rodzaje sprężyn?
4. Gdzie stosuje się układy sprężyn stykowych?
5. Jakie znasz rodzaje układów stykowych?
6. Gdzie stosuje się sprężyny włosowe?
7. Co to są termobimetale?
8. Gdzie stosuje się termobimetale?
9. Co to są sprężynice gumowe?

## 4.4.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Rozpoznaj rodzaje sprężyn.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) obejrzeć film przedstawiający wykonywanie połączeń sprężystych,
- 3) zapoznać się z planszami oraz rysunkami przedstawiającymi połączenia sprężyste,
- 4) zapoznać się z przykładowymi połączeniami sprężystymi (próbkami),
- 5) rozpoznać rodzaje sprężyn.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- różne rodzaje sprężyn,
- plansze oraz rysunki przedstawiające rodzaje sprężyn,
- filmy dydaktyczne z zakresu wykonywania połączeń sprężystych.

### Ćwiczenie 2

Sprawdź działanie sprężyny stykowej w przekaźniku niskiego napięcia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 3) podłączyć przekaźnik do zacisków zasilacza,
- 4) uruchomić układ,
- 5) zaobserwować działanie sprężyny stykowej przy załączaniu i wyłączaniu przekaźnika.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do ćwiczenia,
- przekaźnik (w przezroczystej obudowie),
- katalog przekaźników z danymi technicznymi,
- zasilacz napięcia stałego,
- przewody połączeniowe.

#### 4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) rozpoznać rodzaje sprężyn?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić zastosowania poszczególnych rodzajów sprężyn?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) rozpoznać układ stykowy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

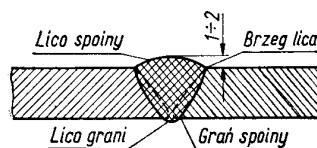
### INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję. Masz na to 5 minut.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań, w tym:
  - 15 zadań z poziomu podstawowego,
  - 5 zadań z poziomu rozszerzonego.Do każdego zadania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawdziwa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, wstawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zaznaczyć odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Jeśli udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż rozwiązanie tego zadania na później i wróć do niego, kiedy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.

Powodzenia!

### ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Na rysunku przedstawione jest połączenie
  - a) owijane.
  - b) spawane.
  - c) zaciskowe.
  - d) nitowe.
2. Z wymienionej poniżej listy wybierz połączenie, które należy tylko do grupy połączeń mechanicznych
  - a) spawane.
  - b) owijane.
  - c) zgrzewane.
  - d) gwintowe.
3. Z wymienionej poniżej listy wybierz połączenie, które należy tylko do grupy połączeń rozłącznych
  - a) wpustowe.
  - b) klejone.
  - c) lutowane.
  - d) nitowe.
4. Połączenie, które powstaje w wyniku wtłoczenia czopa w piastę, mającą mniejszą średnicę niż czop, to połączenie
  - a) nitowe.
  - b) klejone.
  - c) wciskowe.
  - d) gwintowe.



5. Podczas procesu lutowania miękkiego spoiwo (stop: cyny, antymonu i ołowiu) należy rozgrzać do temperatury około
- $(0 \div 50)^\circ\text{C}$ .
  - $(180 \div 300)^\circ\text{C}$ .
  - $(380 \div 500)^\circ\text{C}$ .
  - $(600 \div 900)^\circ\text{C}$ .

6. Rysunek przedstawia
- stację lutowniczą.
  - lutownicę transformatorową.
  - lutownicę oporową.
  - lutownicę tranzystorową.



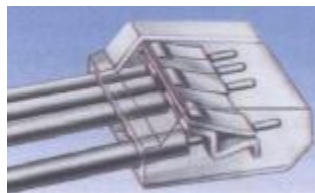
7. Zimny lut to
- połączenie „na zimno” (w temperaturze  $0^\circ\text{C}$ ) dwóch metali podczas lutowania.
  - prawidłowo wykonana spoina, błyszcząca, wykonana w temperaturze  $0^\circ\text{C}$ .
  - prawidłowo wykonana spoina, wykonana podczas lutowania.
  - nieprawidłowo wykonana, słabo trzymająca, nie przewodząca spoina powstała podczas lutowania.

8. Tinol jest to
- pasta przewodząca.
  - rodzaj topnika.
  - lut rurkowy zawierający wewnątrz topnik.
  - rodzaj alkoholu.

9. Połączenie gwintowe polega na
- wkręceniu wkręta lub śruby w otwór zawierający gwint.
  - nabiciu wkręta lub śruby w otwór zawierający gwint.
  - wciśnięciu wkręta lub śruby w otwór bez gwintu.
  - wciśnięciu wkręta lub śruby w otwór zawierający gwint.

10. Połączenie materiałów przez ich docisk z jednoczesnym podgrzaniem łączonego miejsca do stanu plastyczności to połączenie
- zgrzewane.
  - klejone.
  - kołkowe.
  - lutowane.

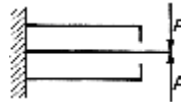
11. Rysunek przedstawia budowę zacisku
- śrubowego.
  - laboratoryjnego.
  - bezśrubowego.
  - widelkowego.



12. Elementy konstrukcyjne podlegające znacznym odkształceniom pod wpływem obciążeń zewnętrznych i powracające do wymiarów pierwotnych po usunięciu tych obciążeń to
- nity.
  - śruby.
  - kliny.
  - sprężyny.

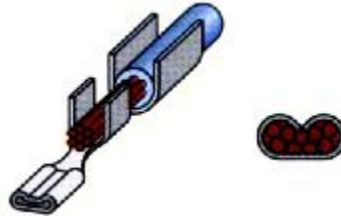
13. Rysunek przedstawia zestyk

- a) przełączający.
- b) rozwierny.
- c) zwierny.
- d) nieprzełączający.



14. Rysunek przedstawia połączenie

- a) sworzniowe.
- b) wciskane.
- c) owijane.
- d) krępowane.



15. Połączenie spawane charakteryzuje się tym, że jest

- a) trwałe (dotyczy tylko spawania elektrycznego).
- b) trwałe (dotyczy zarówno spawania gazowego jak i elektrycznego).
- c) nietrwałe (dotyczy tylko spawania elektrycznego).
- d) nietrwałe (dotyczy zarówno spawania gazowego jak i elektrycznego).

16. Podczas wykonywania połączenia lutowanego jako topnik stosuje się

- a) kalafonię.
- b) chlorek sodu.
- c) mikę.
- d) silikon.

17. Aby wykonać połączenie nitowe, należy zastosować

- a) młotek i nit.
- b) śrubokręt i nit.
- c) młotek i kołek wciskowy.
- d) śrubokręt i nakrętkę.

18. Lutowanie miękkie w porównaniu z lutowaniem twardym różni się tym, że

- a) jest wykonywane w wyższej temperaturze i do lutowania miękkiego stosuje się cynę i ołów, a do lutowania twardego – miedź i cynk.
- b) jest wykonywane w niższej temperaturze i do lutowania miękkiego stosuje się cynę i ołów, a do lutowania twardego – miedź i cynk.
- c) jest wykonywane w wyższej temperaturze i do lutowania miękkiego stosuje się miedź i cynk, a do lutowania twardego – cynę i ołów.
- d) jest wykonywane w niższej temperaturze i do lutowania miękkiego stosuje się miedź i cynk, a do lutowania twardego – cynę i ołów.

19. W produkcji wielkoseryjnej do lutowania obwodów drukowanych stosuje się

- a) lutowanie na fali kulistej.
- b) lutowanie miękkie w temperaturze 1000 °C.
- c) lutowanie na fali stojącej.
- d) lutowanie miękkie w temperaturze 70 °C.

20. Aby wykonać lutowanie końcówek przewodów, należy w podanej kolejności wykonać następujące czynności
- a) ocynować końcówkę żyły; wprowadzić od góry lut; rozgrzać od spodu końcówkę kabla za pomocą lutownicy.
  - b) rozgrzać od spodu końcówkę kabla za pomocą lutownicy; wprowadzić od góry lut; ocynować końcówkę żyły.
  - c) rozgrzać od spodu końcówkę kabla za pomocą lutownicy; ocynować końcówkę żyły; wprowadzić od góry lut.
  - d) ocynować końcówkę żyły; rozgrzać od spodu końcówkę kabla za pomocą lutownicy; wprowadzić od góry lut.

# KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko .....

## Wykonywanie połączeń elektrycznych i mechanicznych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
<b>Razem:</b>					

## 6. LITERATURA

1. Bastion P., Schuberth G., Spielvogel O., Steil H., Tkotz K., Ziegler K.: Praktyczna elektrotechnika ogólna. REA, Warszawa 2003
2. Górecki A.: Technologia ogólna. WSiP, Warszawa 2000
3. Okoniewski S.: Technologia dla elektroników. WSiP, Warszawa 2005
4. Oleksiuk W., Paprocki K.: Podstawy konstrukcji mechanicznych dla elektroników. WSiP, Warszawa 1996
5. Potyński A.: Podstawy technologii i konstrukcji mechanicznych. WSiP, Warszawa 1999
6. Praca zbiorowa: Poradnik warsztatowca mechanika. WNT, Warszawa 1971
7. Praca zbiorowa: Poradnik inżyniera mechanika – tom II. Zagadnienia konstrukcyjne. WNT, Warszawa 1969
8. Uzarowicz L., Jędrzejewski W., Jaworski Z., Korzemeski J.: Technologia metali i metaloznawstwo. WNT, Warszawa 1975
9. <http://www.renex.com.pl/>
10. <http://pcws.zis.ia.polsl.gliwice.pl/conical/teoria1.htm>
11. <http://www.spawarki-transformatorowe.spawsc.pl/>