Moduł 2

Demontaż i montaż elementów maszyn, urządzeń i narzędzi

1. Wstęp
2. Montaż i demontaż połączeń śrubowych
3. Montaż połączeń nitowych
4. Montaż połączeń wtłaczanych
5. Połączenia zaciskowe
6. Połączenia spajane
7. Montaż połączeń rurowych
8. Warunki techniczne montażu łożysk tocznych
9. Montaż różnego rodzaju kół na wałach
10. Dopasowanie powierzchni współpracujących
11. Dokumentacja techniczno-ruchowa maszyn, urządzeń i narzędzi
12. Bezpieczeństwo pracy przy montażu i demontażu połączeń spoczynkowych

1. Wstęp

W celu zapewnienia poprawnego funkcjonowania maszyn, urządzeń i narzędzi wszystkie ich elementy składowe powinny być ze sobą poprawnie połączone w celu zapewnienia możliwości wykonywania wzajemnych ruchów lub stałego połączenia elementów.

Montaż polega na łączeniu poszczególnych elementów w zespoły i na ostatecznym połączeniu ze sobą wszystkich zespołów w gotową maszynę, urządzenie lub narzędzie. Procesem odwrotnym do montażu jest demontaż. Demontaż przeprowadzany jest w celu umożliwienia wykonania naprawy lub konserwacji maszyny, urządzenia lub narzędzia.

Połączenia części maszyn mogą być:

- ruchowe,
- spoczynkowe,
- rozłączne,
- nierozłączne.

Połączeniami ruchowymi nazywa się takie połączenia, przy których połączone części mogą podczas pracy zmieniać swoje wzajemne położenie. W połączeniach spoczynkowych połączone części nie mogą zmieniać swego wzajemnego położenia.

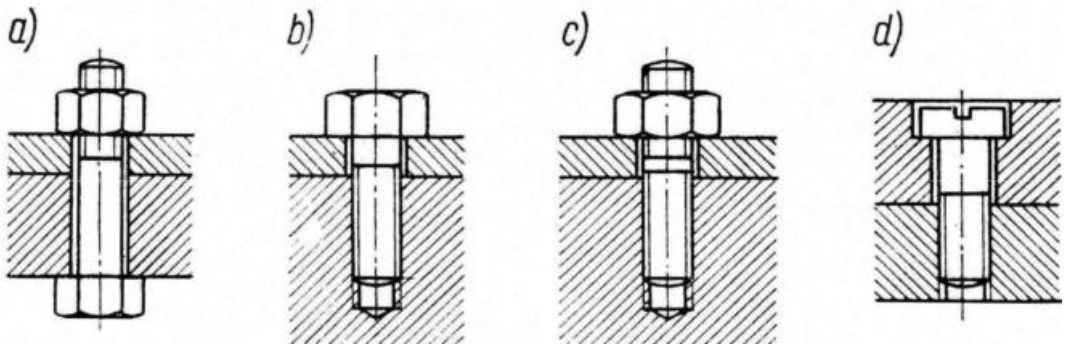
Połączenia rozłączne i nierozłączne mogą być zarówno ruchowe, jak i spoczynkowe.

Połączeniem nierozłącznym nazywa się takie połączenie, przy którym nie przewiduje się jego demontażu i którego nie można rozebrać bez uszkodzenia części łączonych lub łączników.

Połączeniem rozłącznym nazywa się takie połączenie, które można demontować bez uszkodzenia części łączonych i łączników.

2. Montaż i demontaż połączeń śrubowych

W celu wykonywania połączeń elementów maszyn, urządzeń i narzędzi stosowane są najczęściej połączenia śrubowe pokazane na rys. 2.1.



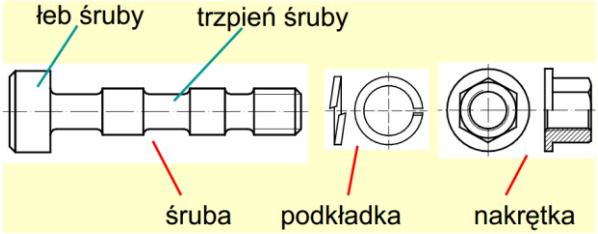
Rys. 2.1. Połączenia śrubowe: a) śrubą zwykła, b),d) wkrętem, c) śrubą dwustronną
[Górecki A,, Grzegórski Z.: Montaż, naprawa i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłowych. WSiP, Warszawa, 2003]

Połączenia śrubowe, zależnie od przeznaczenia, powinny zapewniać:

- właściwe położenie łączonych części,

- połączenie sztywne i mocne w celu zapobieżenia przesunięciu się względem siebie łączonych części,
- szczelność styku, ażeby zapobiec wyciekaniu płynów i gazów,
- regulację wzajemnego położenia łączonych części.

Wyżej wymienione warunki nie zawsze muszą być spełnione w każdym połączeniu śrubowym.



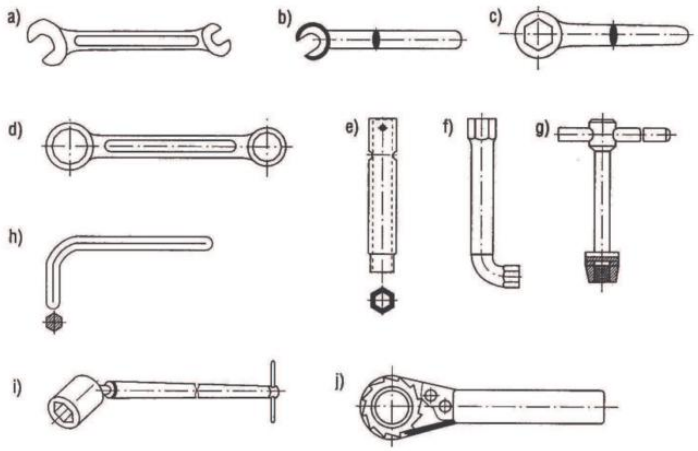
Rys. 2.2. Elementy połączenia śrubowego
[http://kpt.wm.am.gdynia.pl/doc/PKM_I_w08_(polaczenia_srubowe_spawane_nitowe).pdf]

Zasady stosowane podczas wkręcania śrub i wkrętów:

- śruby i wkręty wkręcić w otwór palcami do oporu,
- śruby dokręcić za pomocą odpowiedniego klucza,
- wkręty dokręcić za pomocą odpowiedniego wkrętaka,
- wkręty powinny być tak dokręcona, aby łeb nie wystawał z otworu.

Zasady stosowane podczas nakręcania nakrętek:

- powierzchnię wokół śruby oczyścić i usunąć nierówności,
- na śrubę nałożyć podkładkę wskazaną w dokumentacji technicznej,
- nakrętkę wstępnie nakręcić naśrubek palcami, a następnie za pomocą odpowiedniego klucza,
- po dokręceniu nakrętki kluczem dodatkowo nakrętkę zabezpieczyć przed samoczynnym odkręceniem się (jeżeli przewiduje to dokumentacja techniczna).



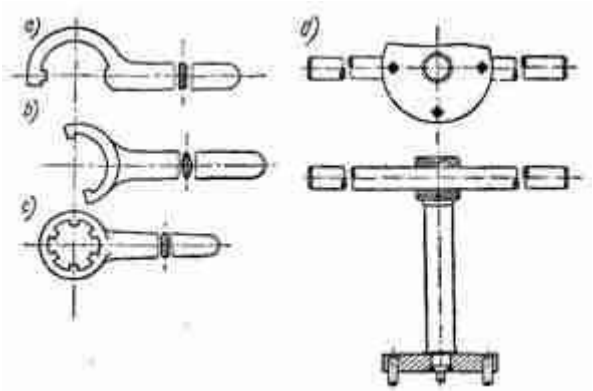
Rys. 2.3. Klucze najczęściej stosowane do montażu połączeń śrubowych: a) klucz płaski dwustronny, b) klucz plaski jednostronny, c) klucz plaski jednostronny zamknięty, d) klucz plaski oczkowy dwustronny, e) klucz nasadowy prosty, f) klucz nasadowy wygięty, g) klucz nasadowy trzpieniowy, h) klucz do śrub i wkrętów z gniazdami sześciokątnymi, i) klucz nasadowy przegubowy, j) oprawka zapadkowa do klucz nasadowego [Dretkiewicz-Więch J.: Technologia mechaniczna. Techniki wytwarzania. WSiP, Warszawa, 2000]

Często stosowane są wkrętarki pneumatyczne i elektryczne, które wyposaża się w odpowiednie końcówki umożliwiające dokręcanie (i odkręcanie) śrub i wkrętów.

Rys. 2.4. Wkrętarki: pneumatyczna, elektryczna
[www.wulcar.com.pl; www.autoexpert.pl]

Podczas ręcznego dokręcania śrub i nakrętek kluczami najczęściej śruby i nakrętki o małych wymiarach są dokręcane zbyt mocno, a o wymiarach dużych zbyt małym momentem. W celu zapewnienia odpowiedniej wartości momentu dokręcającego śruby i nakrętki i stosowane są klucze dynamometryczne.

Rys. 2.5. Przykłady kluczy dynamometrycznych [www.hit-corona.com.pl, www.okazje.info.pl]



Rys. 2.6. Klucze do nakrętek okrągłych: a, b) hakowe, c) oczkowy, d) trzpieniowy, czołowy czopikowy [http://www.czek.eu/zajecia%20praktyczne/dzial%20III.htm]

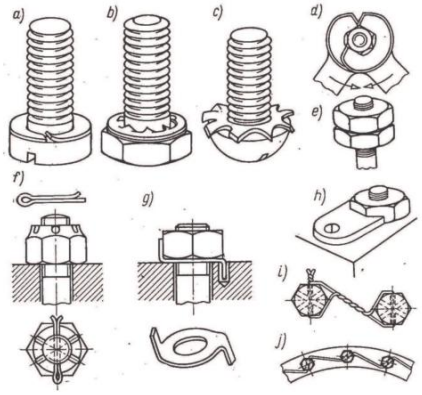
Do wkręcania wkrętów używa się wkrętaków. Ostrze wkrętaka powinno mieć ściany równolegle na całej głębokości przecięcia wkrętu i wchodzić w przecięcie z małym luzem. Długość ostrza powinna być niewiele mniejsza od średnicy wkrętu. Często zamiast wkrętaków ręcznych coraz popularniejsze są wkrętarki akumulatorowe z regulowaną liczbą obrotów i momentem obrotowym

Rys. 2.7. Rodzaje wkrętaków
[www.rynekinstalacyjny.pl]

Rys. 2.8. Rodzaje końcówek wkrętaków
http://regiodom.pl/portal/domowy-warsztat/narzedzia-i-osprzet/srubokrety-ktore-warto-miec-w-domu-i-do-czego-sluza-poradnik

Zabezpieczanie połączeń śrubowych

Połączenia gwintowe podczas eksploatacji poddawane są wstrząsom, zmianom temperatury i narażone są na samoczynne odkręcenie. Aby temu zapobiec stosuje się odpowiednie zabezpieczenia.



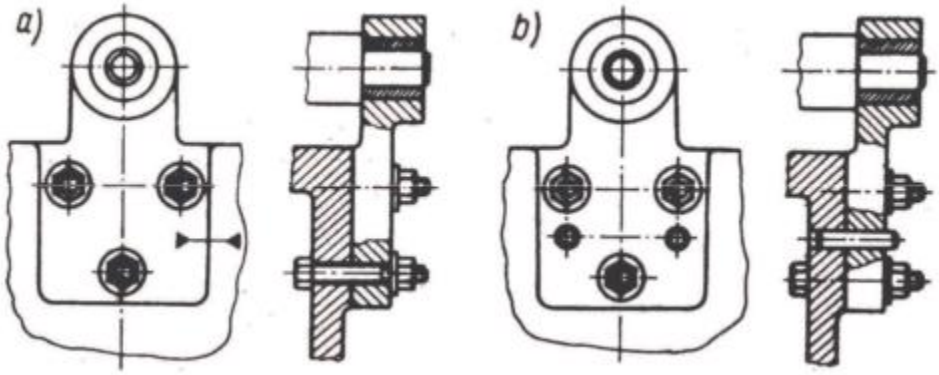
Rys. 2.9. Najczęściej stosowane sposoby zabezpieczenia połączeń śrubowych przed samoczynnym odkręceniem: **a, b, c)** za pomocą podkładek sprężystych, **d, e)** za pomocą przeciwnakrętki, **f)** za pomocą śruby koronowej i zawleczki, **g)** za pomocą podkładki zagiętej, **h)** za pomocą podkładki wyciętej, **i, j)** za pomocą drutu przeciągniętego przez otwory w łbach śrub
[Solis H., Lenart T.: Technologia i eksploatacja maszyn. WSiP, Warszawa, 1996]

Coraz powszechniej stosowane są zabezpieczenia połączeń śrubowych z wykorzystaniem klejów.

Ustalanie wzajemnego położenia łączonych części

W celu zapewnienia takiego samego wzajemnego położenia łączonych części łączonych podczas kolejnych demontaży i montaży stosuje się następujące metody:

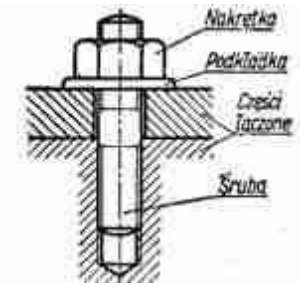
- wykonanie rysy na obu łączonych częściach oraz obok niej widocznego znaku (jeżeli nie jest wymagana duża dokładność ustalenia),
- zastosowanie kołków ustalających (jeżeli wymagane jest duża dokładność ustalenia części, w celu uzyskania jak największej dokładności ustalenia kołki ustalające montuje się zachowując między nimi jak największą odległość.



Rys. 2.10. Ustalenie wzajemnego położenia części: a) za pomocą oznakowania, b) za pomocą kołków ustalających [Górecki A,, Grzegórski Z.: Montaż, naprawa i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłowych. WSiP, Warszawa, 2003]

Wkręcanie śrub dwustronnych

Połączenie za pomocą śruby dwustronnej przedstawione jest na rys. 2.10. Śruby dwustronne maja gwint wykonany na obu końcach. Jeden koniec śruby jest wkręcany na stałe do jednej z łączonych części, którą jest najczęściej korpus. Druga część łączona ma otwór o średnicy nieco większej od średnicy zewnętrznej gwintu śruby. Na drugi koniec śruby dwustronnej nakłada się podkładkę i dokręca nakrętkę. Uzyskując w ten sposób połączenie obu elementów. Zastosowanie śrub dwustronnych ułatwia demontaż łączonych części bez konieczności wykręcania śruby, ograniczając zużywanie się gwintu w korpusie.

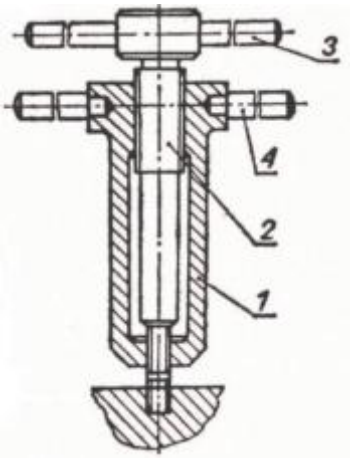


Rys. 2.11. Połączenie za pomocą śruby dwustronnej
[http://www.czek.eu/zajecia%20praktyczne/dzial%20III.htm]

Przy wkręcaniu śrub dwustronnych muszą być spełnione następujące warunki:

- śruba dwustronna musi być ciasno wkręcona w korpus, aby przy odkręcaniu nakrętki z drugiego końca nie wykręcała się z korpusu – stosowane jest ciasne pasowanie śruby oraz dokręcenie dużym momentem;
- śruba powinna być wkręcona prostopadle do powierzchni przedmiotu;
- śruba dwustronna powinna być wkręcona w przedmiot na odpowiednia głębokość zależną od rodzaju materiału przedmiotu.

Do wkręcania śrub dwustronnych używa się specjalnych kluczy lub na drugi koniec śruby dwustronnej nakręca się dwie na krętki, dociskając je mocno do siebie i wkręca się śrubę za po mocą uniwersalnego klucza płaskiego.



Rys. 2.12. Klucz do wkręcania i wykręcania śrub dwustronnych
[Górecki A,, Grzegórski Z.: Montaż, naprawa i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłowych. WSiP, Warszawa, 2003]

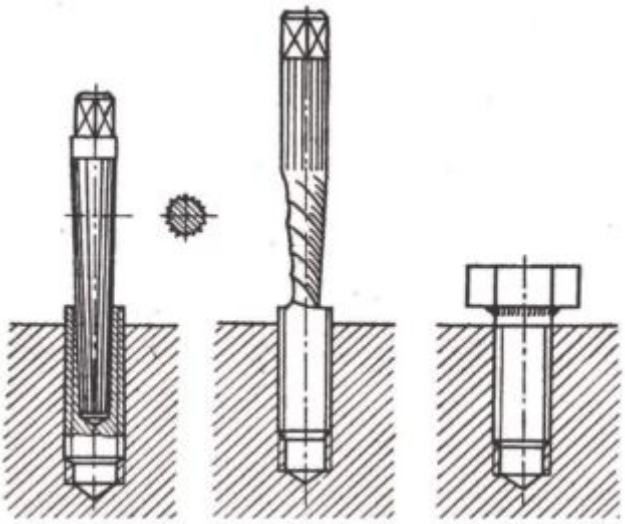
Klucz 1 nakręca się na wystająca część śruby dwustronnej i po dokręceniu śruby dociskowej 2 pokrętłem 3 wkręca się śrubę za pomocą pokrętła 4.

Demontaż połączeń śrubowych

Podczas wykonywania czynności demontażowych należy dokładać starań, aby nie uszkodzić demontowanych elementów. Czynności demontażu powinny być poprzedzone myciem i oczyszczeniem połączenia, rozluźnieniem połączenia środkami chemicznymi. Do demontażu połączeń śrubowych używa się takich samych narzędzi jak do montażu.

Podczas demontażu może zajść konieczność usuwania śrub złamanych. Stosuje się następujące metody usuwania złamanych śrub lub wkrętów:

1. W śrubie wierci się otwór, w który wbija się kołek w kształcie ostrosłupa ściętego o podstawie kwadratowej lub kołek stożkowy uzębiony i obracając go wykręca się śrubę.



Rys. 2.13. Usuwanie złamanych śrub i wkrętów
[Górecki A,, Grzegórski Z.: Montaż, naprawa i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłowych. WSiP, Warszawa, 2003]

2. W śrubie wierci się otwór i wkręca w niego specjalne narzędzie stożkowe o gwincie odwrotnym i dużym skoku. Po dokręceniu do oporu i dalszym obracaniu wykręca się śrubę do otworu.
3. Jeżeli śruba wystaje z otworu, to można do ułamanej śruby przyspawać nakrętkę i kluczem wykręcić śrubę.

Po usunięciu złamanej śruby należy otwór dokładnie oczyścić i poprawić gwint gwintownikiem wykańczającym, a następnie wkręcić inną śrubę o nieco większej średnicy podziałowej.

3. Montaż połączeń nitowych

Połączenia nitowe zalicza się do połączeń nierozłącznych, gdyż części połączonych nie można rozłączyć bez uszkodzenia łącznika, czyli nitu.

a) b)

Rys. 2.14. Przykłady połączeń nitowanych: a) krata stalowa [wrocław fantastyczny.blogspot.com], b) konstrukcja stalowa mostu [http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Knotenblech01.jpg]

Zasady wykonania połączenia nitowego

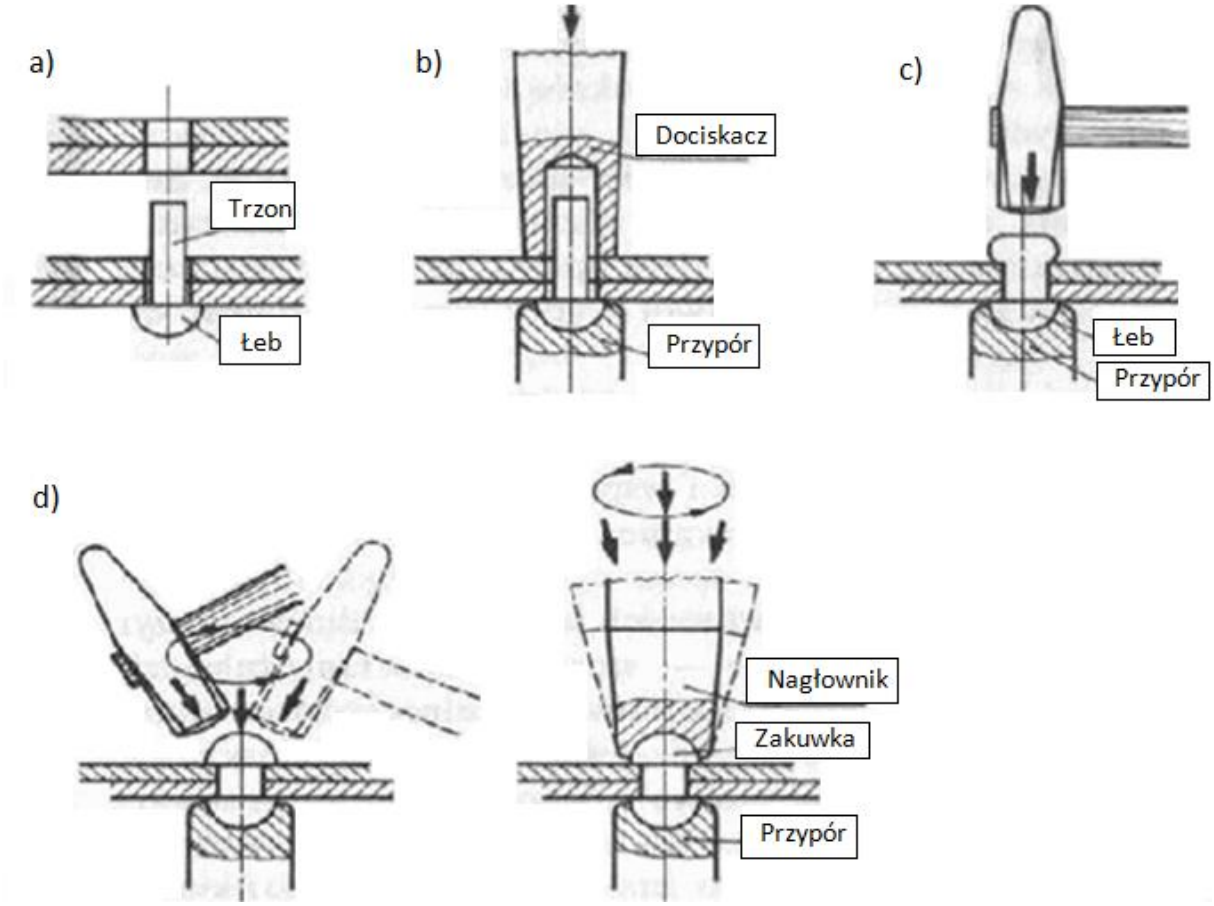
Podczas montażu połączeń nitowych należy ściśle przestrzegać instrukcji montażu i zachować wszystkie wymiary wynikające z rysunku technicznego, tzn.:

- odległości pomiędzy osiami nitów,
- odległość osi nitu od krawędzi blachy.

Blachy jak i nity nie mogą mieć pęknięć, wżerów ani rozwarstwień. Części nitowane powinny być dobrze dociśnięte i zakuwki prawidłowo ukształtowane. Niedopuszczalne jest spęczenie nitu pomiędzy łączonymi blachami, uszkodzenie zakuwki i nieszczelne przyleganie zakuwki lub łba nitu do łączonych blach.

Przygotowanie do nitowania i przebieg nitowania

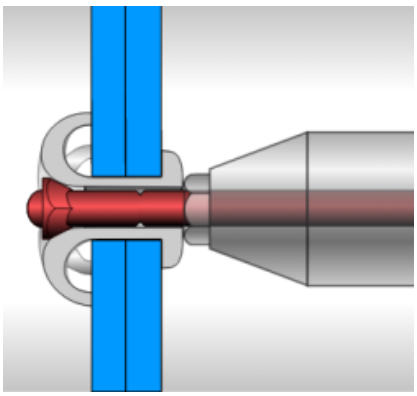
1. Części przeznaczone do nitowania powinny być dobrze oczyszczone i powierzchnie ich dobrze do siebie dopasowane.
2. Następną czynnością jest trasowanie miejsc usytuowania nitów, a następnie wykonanie otworów na nity.
3. Blachy nitowane łączy się ze sobą za pomocą śrub sczepnych i ustala położenie względem siebie za pomocą kołków montażowych.
4. Otwory wierci się lub przebija i następnie rozwierca.
5. Po wykonaniu otworów łączy się części wykonując nitowanie.



Rys. 2.15. Fazy procesu nitowania
[http://dc357.4shared.com/doc/Ws7jdfZk/preview.html]

Nitowanie odbywa się następująco: do otworów łączonych części wkłada się nit, którego łeb opiera się o przypór. Po oparciu łba nitu na przyporze nakłada się dociskacz i mocnymi uderzeniami młotka w łeb dociskacza dociska się blachy nitowane do siebie. Po zdjęciu dociskacza uderzeniami młotka kształtuje się zakuwkę i wykańcza ją nagłównikiem.

Łączenie części nitami zrywalnymi przedstawione jest na rysunku 2.16.



Rys. 2.16. Łączenie blach nitem zrywalnym
http://www.blindniete.org/HTML/pl/Produkte/star.html

Animacja nitowania blach nitami zrywalnymi dostępna jest na stronie: http://www.blindniete.org/HTML/pl/Produkte/star.html

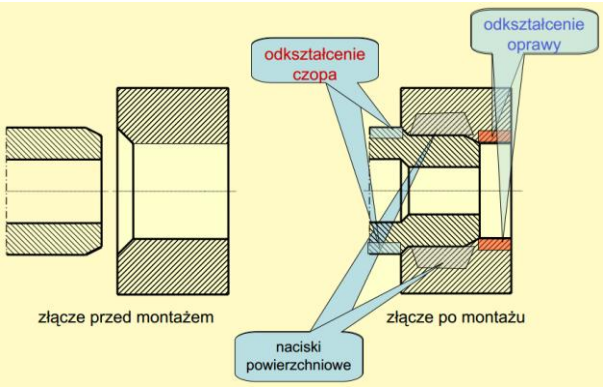
Kontrola połączeń nitowych

Kontrolę połączeń nitowych przeprowadza się przez oględziny, ostukiwanie młotkiem, a w przypadku połączeń szczelnych wykonuje się wodną próbę szczelności. Przez oględziny zewnętrzne można stwierdzić następujące wady:

1. pęknięcia i rozwarstwienia na powierzchni łba i zakuwki nitu oraz elementów łączonych,
2. skrzywienia nitów,
3. nieszczelne przyleganie łba lub zakuwki nitu do powierzchni nitowanej,
4. nie prawidłowe ukształtowanie zakuwki,
5. niedokładne przyleganie łączonych elementów,
6. uszkodzenie części łączonych spowodowane nieumiejętnym posługiwaniem się narzędziami do nitowania,
7. przez ostukiwanie łba i zakuwki nitu można stwierdzić luźne osadzenie nitu spowodowane słabym dociągnięciem blach przed nitowaniem lub złym rozklepaniem trzonu lub też niewypełnieniem otworu przez trzon nitu.

Połączenia nitowe zalicza się do połączeń nierozłącznych, gdyż części połączonych nie można rozłączyć bez uszkodzenia łącznika, czyli nitu. Połączenia nitowe są niedemontowalne.

4. Montaż połączeń wtłaczanych



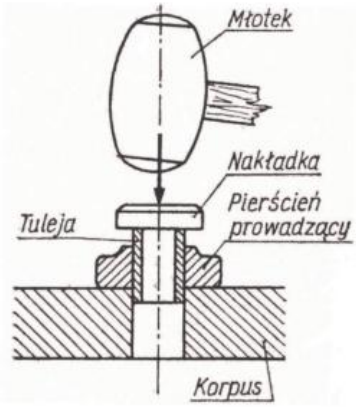
Rys. 2.17. Ilustracja zjawisk związanych z wykonywaniem połączenia wtłaczanego [http://kpt.wm.am.gdynia.pl/doc/PKM_I_w10_(polaczenia_cierne).pdf]

Połączenie wtłaczane (wciskowe) polega na wprowadzenie w otwór oprawy czopu używając poosiowej siły zewnętrznej. Średnica czopu jest większa od średnicy otworu oprawy. Następuje odkształcenie stykających się powierzchni, powstanie znacznych naprężeń normalnych oraz sił tarcia przeciwdziałających przesuwaniu się elementów łączonych.

Proces wtłaczania przebiega w trzech etapach:

- Etap 1 – zorientowanie elementów łączonych, czyli centryczne ustawienie elementów,
- Etap 2 – wprowadzenie czopu w oprawę i przyłożenie siły poosiowej,
- Etap 3 – wtłoczenie czopu w otwór piasty.

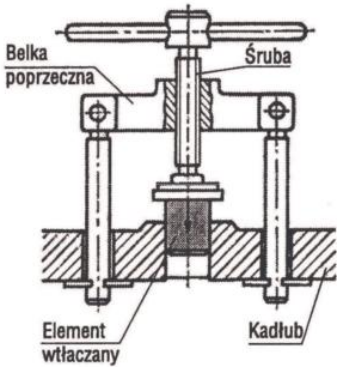
Elementy małe można wtłaczać dzięki użyciu młotka (rys. 2.18.) ewentualnie imadła wkładając pomiędzy szczęki łączone elementy i skręcając imadło.



Rys. 2.18. Wtłaczanie tulejki za pomocą młotka
[Górecki A,, Grzegórski Z.: Montaż, naprawa i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłowych. WSiP, Warszawa, 2003]

Stosowane są również inne przyrządy do wtłaczania, jak np.:

- śrubowe,
- prasy montażowe (mechaniczne, pneumatyczne, hydrauliczne).



Rys. 2.19. Przyrząd śrubowy do wtłaczania
[Dretkiewicz-Więch J.: Technologia mechaniczna. Techniki wytwarzania. WSiP, Warszawa, 2000]

Do najczęściej spotykanych błędów podczas wykonywania procesu wtłaczania należą:

- niedokładność wzajemnego ustawienia elementów łączonych,
- nieprawidłowy kierunek siły wtłaczającej (nie działa wzdłuż osi elementów wtłaczanych),
- nadmierne odkształcenia elementów łączonych,
- niepełne osadzenie części w otworze.

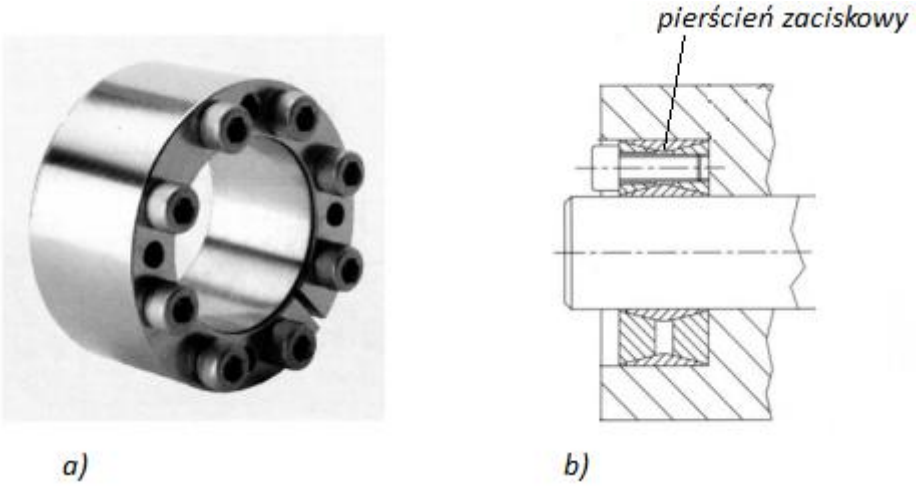
Demontaż połączeń wtłaczanych

Demontaż połączeń wtłaczanych jest operacją trudniejszą niż ich montaż. Demontaż polega na działaniu siły osiowej na elementy złączone i wysuwaniu elementu obejmowanego z elementu obejmującego. Wskazane jest, aby kierunek wytłaczania elementów był taki sam jaki był kierunek wtłaczania, dzięki temu powierzchnie elementów rozłączonych zachowają lepszy stan. Siła wytłaczająca powinna mieć wartość o około 15% większą, niż siła wtłaczająca. Zdemontowane elementy można ponownie wykorzystać do wykonania połączenia wtłaczanego pod warunkiem regeneracji ich powierzchni.

Połączenie skurczowe uzyskuje się przez rozgrzanie części obejmującej (piasty) i wsunięcie części obejmowanej (wałka) lub przez oziębienie części obejmowanej. Po wyrównaniu temperatury pomiędzy łączonymi częściami wytwarza się duży wcisk, zapewniający skuteczne połączenie nierozłączne.

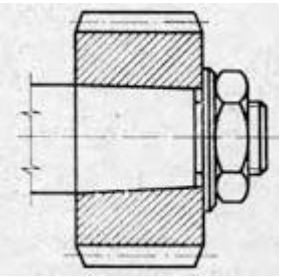
5. Połączenia zaciskowe

Połączenia zaciskowe umożliwiają przeniesienie obciążenia z wału na osadzony na nim element, np. koła zębate, pasowe, łańcuchowe i inne. W połączeniach z pierścieniem zaciskowym elementem łączącym piastę z wałkiem jest rozprężny pierścień zaciskowy.



Rys. 2.20. Połączenie z pierścieniem zaciskowym; a) widok pierścienia zaciskowego, b) schemat połączenia piasty z wałkiem za pomocą pierścienia zaciskowego [http://www.simr.pw.edu.pl/~jpanek/pw.pdf]

Odmianą połączeń zaciskowych są połączenia stożkowe bezpośrednie, które uzyskuje się na drodze wykonania czopa i otworu elementu na nim osadzonego w kształcie stożków o jednakowej zbieżności. Istotną zaletą tego typu połączeń jest możliwość regulacji nacisku na stożkowej powierzchni połączenia dzięki stosowaniu odpowiednio dobranych sił wciskających czop w otwór elementu zewnętrznego (piasty lub gniazda). Przy dokładnym wykonaniu powierzchni stożkowych połączenie to zapewnia dobre środkowanie osadzonego na czopie elementu, co jest niezwykle istotne w budowie precyzyjnych maszyn i urządzeń technicznych, szczególnie obrabiarek. Ponadto złącza te w porównaniu z połączeniami wciskowymi walcowymi wymagają podczas łączenia i rozłączania znacznie mniejszych wzajemnych przesunięć elementów. Mniejsza jest również siła niezbędna do rozłączania, zależna od kąta stożka.



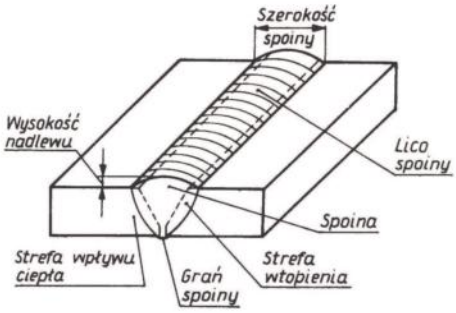
Rys. 2.21. Stożkowe połączenie wciskowe [http://www.simr.pw.edu.pl/~jpanek/pw.pdf]

6. Połączenia spajane

Połączenia spajane dzielimy na:

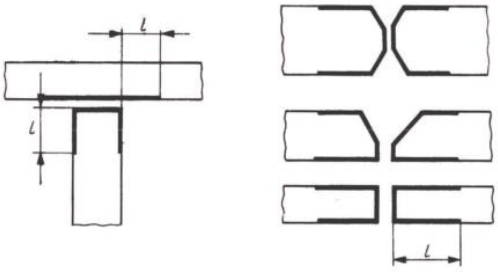
- spawane,
- zgrzewane,
- lutowane,
- klejone.

Połączenia spawane – powstają na skutek stopienia spoiwa oraz brzegów materiałów łączonych. Spawać można metale oraz tworzywa sztuczne. Przy spawaniu metali stopiony w obszarze spoiny metal stygnąc krzepnie i łączy trwale obie części materiału łączonego. W zależności od źródła ciepła użytego do stopienia materiału elementów łączonych oraz spoiwa rozróżnia się: spawanie gazowe i spawanie elektryczne łukowe.



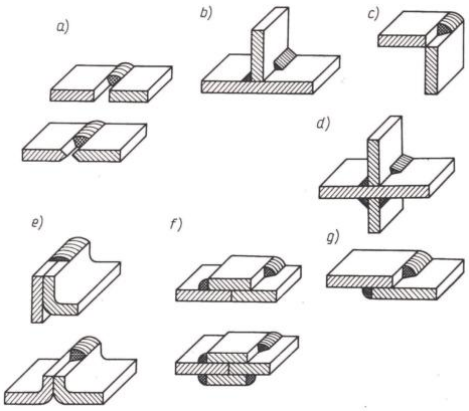
Rys. 2.22. Elementy spoiny
[Hillary J, Jarmoszuk St. :Ślusarstwo i spawalnictwo. WSiP, Warszawa, 1991]

W celu przygotowania do spawania brzegi materiału powinny być zukosowane. Sposób przygotowania elementów do spawania zależny jest od rodzaju spawania oraz materiału. Przed spawaniem brzegi łączonych elementów powinny być dokładnie oczyszczone z farb, lakierów, smarów, produktów korozji i brudu. Na rysunku 2.23. przedstawiono zakres oczyszczenia brzegów elementów przeznaczonych do spawania – grube kreski oznaczają miejsce czyszczenia.



Rys. 2.23. Zakres oczyszczenia brzegów elementów przeznaczonych do spawania

[Hillary J, Jarmoszuk St. :Ślusarstwo i spawalnictwo. WSiP, Warszawa, 1991]



Rys. 2.24. Rodzaje złączy spawanych: a) doczołowe, b) teowe, c) narożne, d) krzyżowe, e) przylgowe, f) nakładkowe, g) zakładkowe
[Hillary J, Jarmoszuk St. :Ślusarstwo i spawalnictwo. WSiP, Warszawa, 1991]

Spawanie gazowe – polega na stopieniu brzegów materiałów łączonych i spoiwa ciepłem powstającym przy spalaniu acetylenu w obecności tlenu. Spawanie gazowe stosuje się przede wszystkim do spawania przedmiotów stalowych o niewielkich grubościach, takich jak np. zbiorniki, rury, rurociągi.

Rys. 2.25. Proces spawania gazowego
[www.e-spawalnik.pl]

Spawanie elektryczne łukowe – polega na stopieniu brzegów materiałów łączonych i spoiwa ciepłem pochodzącym od łuku wyładowania elektrycznego. Najczęściej jest stosowane spawanie łukiem krytym – w którym łuk jarzy się pod warstwą topnika. Używa się elektrody topliwej otulonej warstwą topnika. Podczas spawania wydzielają się gazy tworzące wokół łuku osłonę oraz żużel, który wypływając na powierzchnię oczyszczają metal zapobiegając tworzeniu się na jego powierzchni tlenków.

Rys. 2.26. Proces spawania elektrycznego łukowego
[www.motoarbiter.pl]

Spawanie metodą MIG – jest odmianą spawania łukowego za pomocą elektrody topliwej, w osłonie gazów obojętnych, takich jak, np. argon lub hel. Ten rodzaj spawania jest używany do spawania stali nierdzewnych i kwasoodpornych oraz aluminium, magnezu i miedzi. Podczas spawania elektroda w postaci drutu jest wysuwana z rurki, przez którą dopływa do łuku gaz obojętny.

Spawanie metodą MAG – jest odmianą spawania łukowego za pomocą elektrody topliwej w osłonie gazów aktywnych chemicznie, w skład których wchodzi dwutlenek węgla, argon i tlen. Jest stosowane przy spawaniu konstrukcji budowlanych, w przemyśle stoczniowym do spawania kadłubów statków.

Spawanie metodą TIG – jest spawaniem łukowym elektrodą nietopliwą wykonaną z wolframu w osłonie gazów obojętnych.

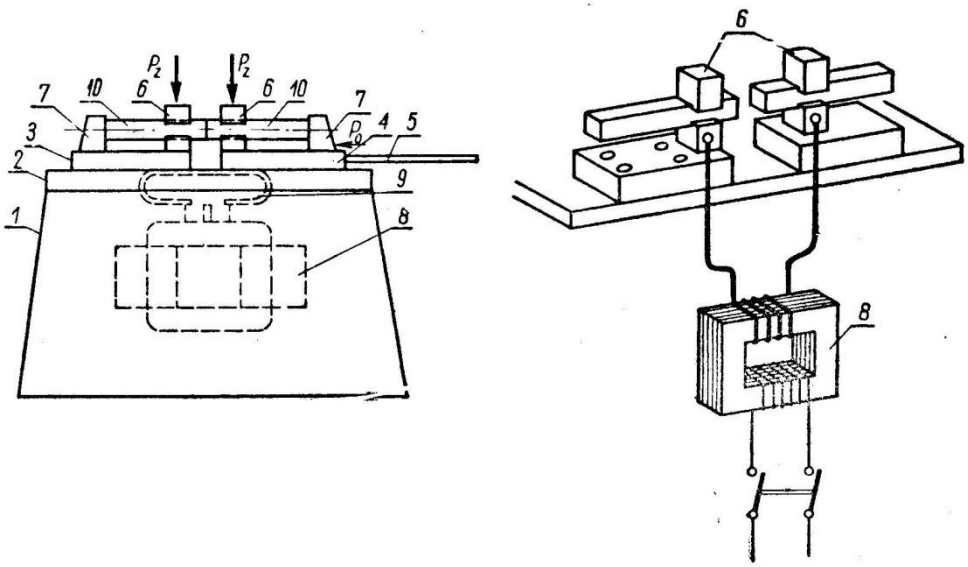
Istnieją również inne rodzaje spawania takie jak: spawanie elektronowe, w którym źródłem ciepła jest zogniskowana wiązka strumienia elektronów wytwarzana przez żarzącą się elektrodę wolframową. Spawanie odbywa się w próżni i jest używana do spawania bardzo trudno spawalnych metali, takich jak, np. tytan, molibden, tantal, wolfram.

W spawaniu laserowym źródłem ciepła jest energia promienia lasera, natomiast w spawaniu plazmowym źródłem ciepła jest energia strumienia plazmy.

Zgrzewanie elektryczne jest sposobem łączenia materiałów o niewielkich grubościach takich jak folie lub blachy. Zgrzewanie polega na łączeniu za pomocą silnego docisku części metalowych, uprzednio rozgrzanych w miejscu styku do temperatury plastyczności (ciastowatości) w wyniku czego następuje połączenie materiałów. Jakość procesu zgrzewania zależy głównie od siły docisku, temperatury i czasu trwania zgrzewania. W zależności od sposobu nagrzewania łączonych części rozróżnia się zgrzewanie:

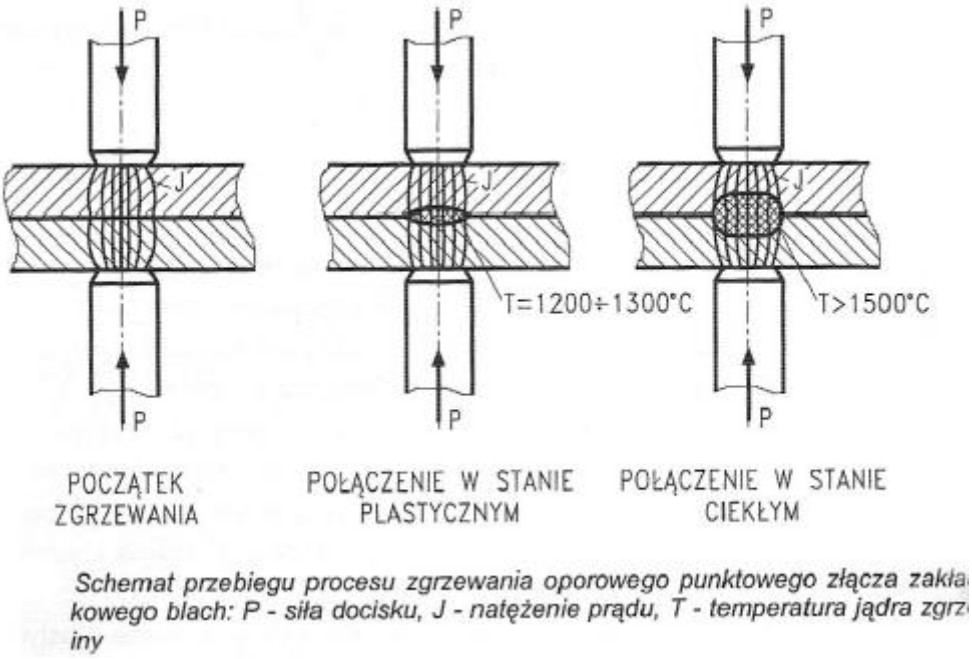
- elektryczne: iskrowe lub oporowe inaczej zwarciowe,
- gazowe np. palnikiem acetylenowo-tlenowym,
- termitowe, w którym wykorzystuje się spalanie mieszaniny tlenków metali i sproszkowanego aluminium, co umożliwiające bardzo szybkie nagrzanie części,
- tarciowe, w którym ciepło wytwarza się przez wzajemne tarcie stykających się powierzchni i wywieraniu na nie odpowiednio dużego docisku.

W budowie maszyn powszechnie stosowane jest zgrzewanie elektryczne. Miejsce styku dwóch metali wykazuje opór elektryczny dla przepływającego prądu. Przy dostatecznym natężeniu przepływającego prądu wydziela się ciepło, które doprowadza miejsce przepływu prądu do stanu ciastowatości. Pod wpływem nacisku stykające się części łączą się bez trudu. Do zgrzewania stosuje się źródła prądu dające natężenie rzędu kilku tysięcy amperów, przy stosunkowo niskim napięciu. Wyróżniamy zgrzewanie elektryczne: doczołowe, punktowe, liniowe lub garbowe.



Rys. 2.27. Zgrzewarka doczołowa
[Okoniewski S., Technologia metali, PWSZ, Warszawa 1990]

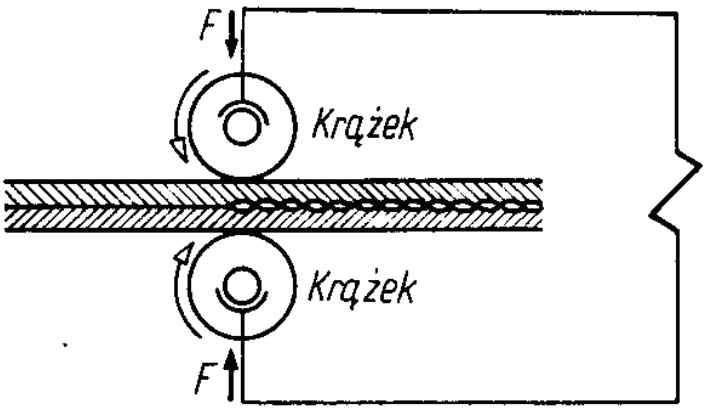
Zgrzewarka doczołowa składa się z korpusu 1, na którym umocowane jest łoże 2. Na łożu znajdują się dwie płyty *3* i 4. Jedna z nich 3 jest nieruchoma, druga zaś 4 może się wzdłuż łoża przesuwać pod działaniem mechanizmu połączonego z prętem 5 umożliwiając wytworzenie siły nacisku przedmiotów zgrzewanych na siebie. Przedmioty 10 przeznaczone do zgrzewania są oparte o opory 7 i umocowane w uchwytach 6. Urządzenie jest zasilane z transformatora 8 za pośrednictwem szyn prądowych 9.



Rys. 2.28. Przebieg procesu zgrzewania punktowego
[http://dc180.4shared.com/doc/UKRASkFO/preview.html]

Zgrzewanie punktowe stosuje się do łączenia cienkich blach. Łączone brzegi blachy ściska się dwiema elektrodami dociskowymi w kształcie ściętych stożków, które za-

pewniają jednocześnie docisk łączonych części i przepływ prądu przez złącze. Złącze powstaje w punkcie na skutek połączenia się rozgrzanego przepływającym prądem metalu. Właściwie złącze ma charakter kołowy o niewielkim promieniu.



Rys. 2.29. Zgrzewanie liniowe: F – siła docisku
[Górecki A. Technologia ogólna. Podstawy technologii mechanicznych, WSiP, Warszawa 2009]

Zgrzewanie liniowe jest stosowane w przypadkach, gdy potrzebna jest szczelność szwu. Wykonuje się je za pomocą specjalnych zgrzewarek liniowych, w których elektrody mają postać krążków. Krążki, z których górny jest napędzany silnikiem, obracają się i przesuwają między sobą łączone blachy.

Rys. 2.30. Przykład procesu zgrzewania kolanka [http://www.cnc-projekt.pl/?dzial=zgrzewarki]

Zgrzewanie garbowe wymaga uprzedniego przygotowania części zgrzewanych. W tym celu w jednej z blach wytłacza się garby w kształcie stożka.

Rys. 2.31. Zasada zgrzewania garbowego
[http://www.esab.pl/pl/pl/education/processes-projection-welding.cfm]

Lutowanie – jest metodą spajania metali za pomocą wprowadzenia między łączone powierzchnie innego roztopionego metalu lub stopu nazywanego spoiwem. Temperatura topnienia spoiwa jest niższa niż temperatura łączonych metali.
Rozróżnia się **lutowanie lutami miękkimi**, których temperatura topnienia jest niższa niż 500^0 C. Lutowanie lutami miękkimi (spoiwami cynowo – ołowiowymi) stosuje się do łączenia niewielkich elementów w przemyśle elektrotechnicznym, w elektronice. Do lutowania potrzebne są topniki zapobiegające utlenianiu się lutu i łączonych powierzchni. To lutowania stali, mosiądzu i miedzi, jako topnika używa się wody lutowniczej, którą tworzy chlorek cynku rozpuszczony w wodzie.

Lutowanie lutami twardymi, których temperatura topnienia jest wyższa niż 500^0 C. Gdzie spoiwami są najczęściej: mosiądz, brąz lub srebro. Luty te stosuje się do łączenia elementów przenoszących znaczne naprężenia. Ukształtowanie łączonych elementów powinno być takie, aby połączenie lutowane przenosiło tylko naprężenia tnące.

Przebieg lutowania jest następujący:

a) dokładnie oczyścić i dopasować do siebie powierzchnie lutowanych części. Im cieńsza będzie warstwa lutu tym połączenie będzie bardziej wytrzymałe,
b) posmarować powierzchnie łączone roztworem boraksu,
c) umieścić lut w postaci blaszki mosiężnej, brązowej lub srebrnej wzdłuż szwu lub między łączone powierzchnie,
d) związać części drutem i posypać boraksem,
e) nagrzewać łączone miejsce palnikiem gazowym lub lampą lutowniczą, aż lut się stopi i wniknie między łączone powierzchnie. Należy uważać, aby nie przegrzać spoiny,
f) po wykonaniu lutowania studzi się polutowane elementy na powietrzu, następnie czyści się powierzchnię złącza roztworem wodorotlenku sodu, który usuwa powstałe tlenki,
g) usunąć nadmiar lutu pilnikiem.

Rys. 2.32. Przykład połączenia lutowanego rur
[http://metale24.pl/Wiadomo%C5%9Bci/Technologie-%C5%82%C4%85czenia-materia%C5%82%C3%B3w-lutowanie-16176.html]

Lutowanie w wielu przypadkach jest korzystniejsze od spawania zwłaszcza przy łączeniu precyzyjnych i delikatnych elementów. Łączone części nie są nagrzewane do tak wysokich temperatur jak przy spawaniu. Stopiony jest tylko lut bez nadtapiania elementów łączonych, co ma miejsce podczas spawania. Przy lutowaniu nie występują tak duże naprężenia cieplne jak przy spawaniu, nie powstaje więc niebezpieczeństwo zmian kształtu łączonych elementów.

Zasady bezpiecznej pracy podczas lutowania lutem twardym

Elementy lutowane powinny być mocowane w szczękach imadła lub też w innym uchwycie. Podczas nagrzewania elementów palnikiem gazowym należy zachować szczególną ostrożność aby uniknąć poparzenia płomieniem palnika lub też kapiącym lutowiem. Należy dbać aby w pomieszczeniu działała sprawna wentylacja. Pracować w okularach ochronnych oraz odpowiedniej odzieży ochronnej zawierającej: fartuch, rękawice oraz obuwie.

Klejenie jest coraz częściej stosowane do łączenia: metali ze sobą, metale z niemetalami, metale z tworzywami sztucznymi, szkłem, porcelaną i innymi materiałami. Klejenie jest stosowane w produkcji nowych wyrobów oraz we wszelkiego rodzaju naprawach. Do klejenia metali używa się całej gamy klejów, Są to najczęściej substancje dwuskładnikowe, które miesza się w określonych proporcjach tuz przed operacją klejenia.

Bardzo ważne jest podczas klejenia przestrzeganie czystości. Powierzchnie do klejenia należy dokładnie oczyścić i zmyć zmywaczem zalecanym przez producenta kleju. Wszelkie zabrudzenia, np. cienka, niewidoczna warstwa tłuszczu obniżają jakość spoiny klejowej. Często do odtłuszczania stosuje się trójchloroetylen (tri). Po odtłuszczeniu należy nałożyć cienką warstwę kleju i docisnąć powierzchnie do siebie. Docisk powinien trwać do czasu utwardzenia kleju, który jest podany przez producenta.

Proces klejenia należy do tanich i prostych. W budowie maszyn najczęściej stosuje się:

1. kleje epoksydowe – do łączenia metali, szkła, ceramiki , tworzyw sztucznych i do uszczelniania popękanych odlewów,
2. kleje fenolowe – dołączenia metali, szkła, drewna, termoutwardzalnych tworzyw sztucznych,
3. kleje winylowe – do łączenia metali ze sobą, ze szkłem, ceramiką, drewnem, tworzywami sztucznymi,
4. kleje kauczukowe – do łączenia gumy ze stalą, mosiądzem, aluminium.

5. Kleje anaerobowe – do uszczelniania połączeń gwintowanych, np. w połączeniach pneumatycznych i hydraulicznych oraz zabezpieczania śrub i nakrętek w warunkach drgań

Kleje anaerobowe stanowią stosunkowo nową grupę klejów. Kleje te są również stosowane do montażu łożysk. W połączeniach śrubowych zastępują, np. podkładki sprężyste w przypadku drgań. Znamienną cechą klejów anaerobowych jest to, że ulegają one utwardzeniu wówczas jeśli tracą kontakt z powietrzem. W naczyniach, w których są przechowywane musi więc znajdować się wolna przestrzeń wypełniona powietrzem bo w przeciwnym razie klej ulega stwardnieniu.

Wykonując połączenie klejone należy łączone powierzchnie gwintowane odtłuścić, przemywając je, np. benzyną ekstrakcyjną (nie lakową!), a następnie smarować powierzchnie gwintu klejem i skręcić oba łączone elementy. Rola połączeń klejonych wzrasta. Są coraz częściej stosowane w przemysłach: samochodowym, lotniczym, stoczniowym oraz w kolejnictwie.

Zasady bezpiecznej pracy przy klejeniu – Substancje używane podczas klejenia są szkodliwe dla oczy, skórę i dróg oddechowych. Dlatego też klejenie należy wykonywać w odzieży ochronnej, w rękawicach gumowych, w fartuchu szczelnie przylegającym do szyi i przegubów rąk. Należy używać okularów ochronnych lub maski zakrywającej również twarz. Pomieszczenia powinny mieć sprawną i działającą wentylację usuwającą skutecznie z pomieszczenia opary szkodliwych substancji. Podczas przygotowania powierzchni do klejenia często stosuje się ich mycie za pomocą trójchloroetylenu (TRI), który jest bardzo skutecznym środkiem odtłuszczającym. Należy jednak pamiętać o zachowaniu szczególnej ostrożności w posługiwaniu się tą substancją z powodu jej szkodliwości dla zdrowia i używać jej tylko w przypadku sprawnej instalacji wentylacyjnej w pomieszczeniu.

7. Montaż połączeń rurowych

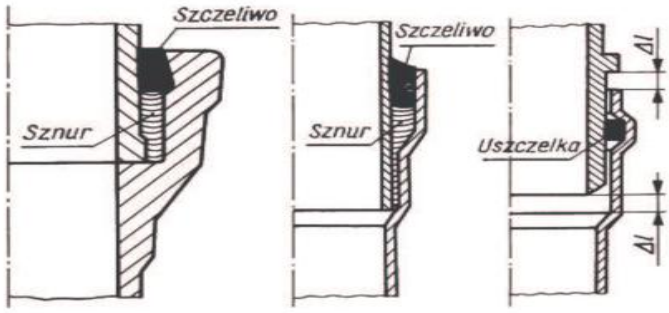
Przewody rurowe służą do przepływu cieczy i gazów. Zasadniczymi elementami przewodów rurowych są rury, łączniki i zawory.

Zasady wykonywania połączeń rurowych są następujące:

1. do montażu używać elementów nieuszkodzonych,
2. połączenia rurowe powinny być szczelne,
3. materiał, z którego są wykonane połączenia rurowe oraz uszczelki i materiały uszczelniające muszą być dostosowane do rodzaju przewodzonych cieczy lub gazów oraz ich temperatury i ciśnienia,
4. wszystkie elementy połączeń rurowych mających kontakt z tlenem muszą być dokładnie odtłuszczone, gdyż przy zetknięciu sprężonego tlenu z tłuszczem może nastąpić wybuch.

Rozróżnia się trzy rodzaje połączeń rurowych:

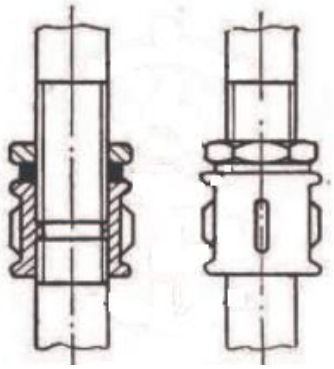
- kielichowe,
- kołnierzowe,
- gwintowe.



Rys. 2.33. Połączenia rurowe kielichowe
[Bożenko L.: Maszynoznawstwo. WSiP, Warszawa, WSiP, 1994]

Na rysunku 2.33. przedstawiono przykłady połączeń rurowych kielichowych. Kolejno od lewej są to połączenia: rur żeliwnych, rur stalowych oraz rur z PCV. Połączenia kielichowe są stosowane w rurociągach niskich ciśnień, polegają na włożeniu rury (czopu) w kielich drugiej rury. Uszczelnieniem tych połączeń są sznur smołowy i smoła (dla rur żeliwnych i stalowych) lub uszczelki gumowe (dla PCV).

Połączenia rurowe gwintowe polegają na łączeniu rur za pomocą łączników. Przykład połączenia rurowego gwintowego przedstawiono na rysunku 2.34. Połączenia uszczelniane są konopiami (lub taśmą teflonową). Są to połączenia łatwo demontowalne.



Rys. 2.34. Połączenia gwintowe rur za pomocą mufy
[Górecki A,, Grzegórski Z.: Montaż, naprawa i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłowych. WSiP, War-

szawa, 2003]

Rys. 2.35. Przykłady łączników do wykonywania połączeń rurowych gwintowych
[Górecki A,, Grzegórski Z.: Montaż, naprawa i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłowych. WSiP, Warszawa, 2003]

Na rysunku 2.35. przedstawiono kolejno od lewej: kolanko, trójnik, czwórnik, korek, zwężkę, redukcję, mufę, nakrętkę.

Rys. 2.36. Przykład połączenia rurowego z wykorzystaniem łączników
http://www.rynekinstalacyjny.pl/na-skroty?p=2

Połączenia kołnierzowe mogą być wykonane za pomocą kołnierzy luźnych lub stałych. Kołnierze mogą być odlewane łącznie z rurą lub przymocowane do rur różnymi metodami. Złącze kołnierzowe uszczelnia się za pomocą uszczelek z gumy, papieru, tkaniny, tektury, lub miękkich metali. Dobór materiału uszczelki uzależniony jest od rodzaju przewodzonych cieczy lub gazów oraz od ich temperatury i ciśnienia.

Rys. 2.37. Połączenie rurowe kołnierzowe
[Bożenko L.: Maszynoznawstwo. WSiP, Warszawa,1994]

Rys. 2.38. Połączenie rurowe spajane
[Bożenko L.: Maszynoznawstwo. WSiP, Warszawa,1994]

Połączenia rurowe spajane stosowane są w rurociągach ciśnieniowych. Połączenia te mogą być wykonywane metodą spawania, zgrzewania, lutowania, klejenia.

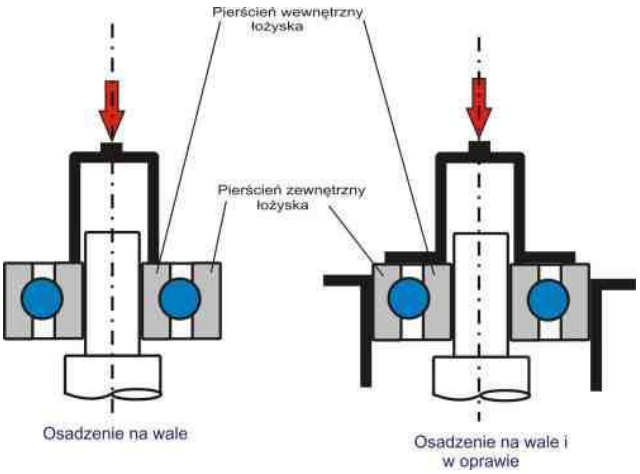
8. Warunki techniczne montażu łożysk tocznych

Przy montażu i demontażu łożysk tocznych należy zachować następujące warunki:

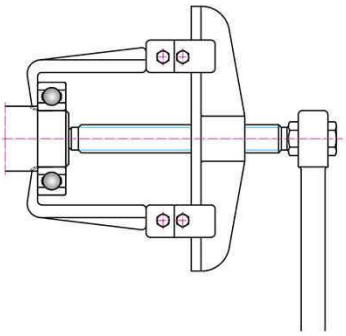
1. miejsce osadzenia łożyska, czyli czop wału i gniazdo, powinno być dokładnie oczyszczone,
2. po wierzchnie czopa i gniazda powinny być gładkie,
3. należy sprawdzić, czy czop i gniazdo nie są owalne lub stożkowe,

4. należy zachować przewidziane pasowanie, gdyż zbyt duży wcisk może spowodować zniekształcenie łożyska,
5. w przypadku, gdy wałek jest ruchomy, łożysko należy osadzać na wale ciasno, a w gnieździe suwliwie,
6. w przypadku, gdy wałek jest nieruchomy, a piasta ruchoma, łożysko osadza się ciasno w gnieździe, a na wale suwliwie,
7. nie wolno wywierać siły poprzez części toczne, czyli np. przy osadzaniu łożyska na wale można wywierać nacisk tylko na pierścień wewnętrzny, a nigdy na zewnętrzny,
8. montaż i demontaż łożysk należy przeprowadzać z użyciem ściągaczy i innych przyrządów,
9. należy unikać jednostronnych uderzeń lub nacisków na pierścienie łożyska, gdyż może to spowodować uszkodzenie łożysk lub miejsc osadzenia,
10. przy montażu łożysk wałeczkowych stożkowych należy zachować właściwy luz wzdłużny; w tym celu po założeniu łożyska i dociśnięciu go do oporu nakrętką należy cofnąć nakrętkę o ok. 1/8 obrotu, umożliwiając w ten sposób swobodny obrót łożyska,
11. należy zwrócić uwagę na dokładne uszczelnienie, aby zabezpieczyć łożysko przed przedostaniem się kurzu i innych zanieczyszczeń oraz wilgoci.

Montażu łożysk tocznych dokonuje się za pomocą tulei montażowej, której zadaniem jest przeniesienie siły pochodzącej od praski montażowej lub młotka na pierścień łożyska, który jest ciasno mocowany na wale (lub w oprawie).



Rys. 2.39. Sposób montażu łożyska kulkowego
[http://www.laser-sinex.pl/auto-klimatyzacja-samochodowa/montaz-lozysk-oraz-osadzenie-lozyska/]



Rys. 2.40. Sposób demontażu łożyska kulkowego [http://www.e-katalog.home.pl]

Demontażu łożysk tocznych dokonuje się za pomocą ściągaczy.

Rys. 2.41. Przykład ułożyskowania wałka koła pasowego

[http://www.polexim-online.pl/?prod=159]

9. Montaż różnego rodzaju kół na wałach

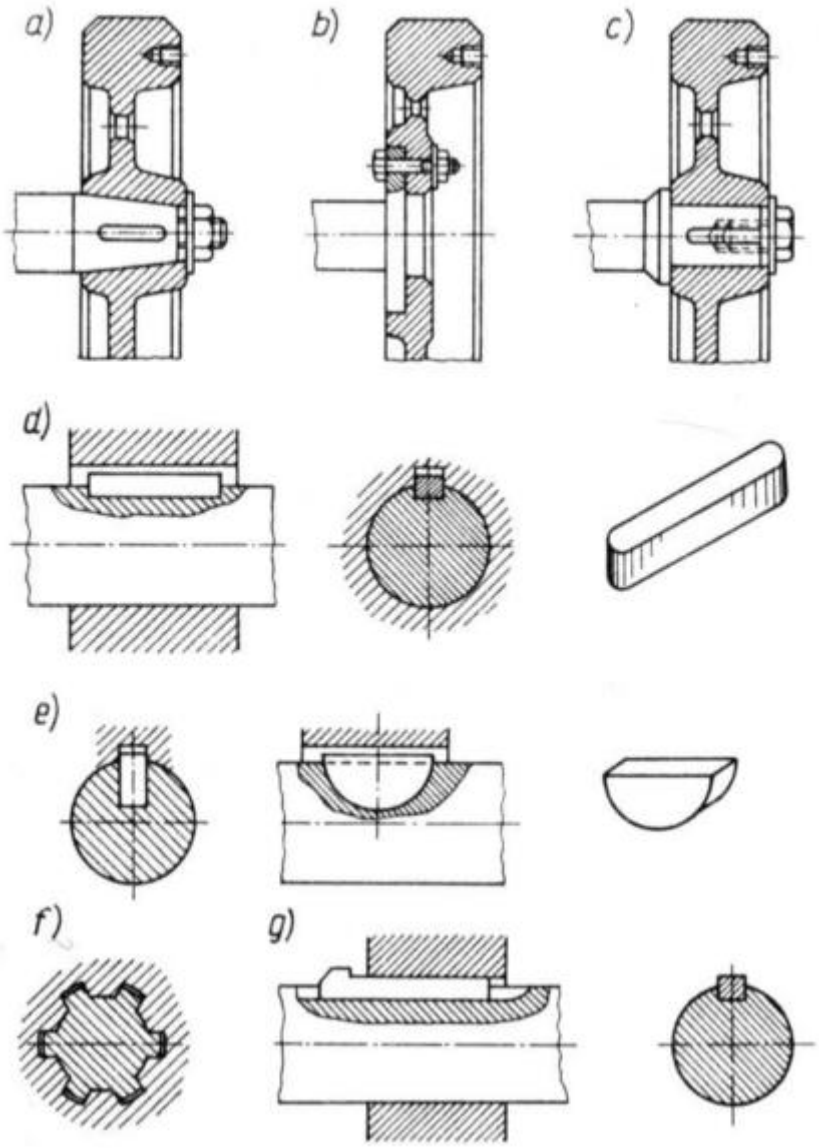
Na wałach montuje się koła pasowe, łańcuchowe, zamachowe, cierne i zębate. Pomiędzy wałem, a piastą koła występuje łącznik umożliwiający sprzężenie koła z wałem i jednoczesne obracanie się obu części. Łącznikami mogą być:

- kliny,
- wpusty,
- wielowypusty.

Połączenia kół z wałkami mogą być też wtłaczane oraz skurczowe.

Po wykonaniu montażu koła należy sprawdzić:

- prostopadłość koła do wału,
- współosiowe ustalenie koła w stosunku do wału.



Rys. 2.42. Sposoby osadzania kół na wale
[Górecki A., Grzegórski Z.: Ślusarstwo przemysłowe i usługowe. WSiP, Warszawa, 1998

10. Dopasowanie powierzchni współpracujących

Przed połączeniem współpracujących części maszyn często zachodzi potrzeba dopasowania stykających się powierzchni. Zależnie od wymaganej dokładności i szczelności połączenia, stykające się powierzchnie wykańcza się przez oczyszczenie, piłowanie, szlifowanie, skrobanie lub docieranie. Przyleganie powierzchni sprawdza się szczelinomierzem lub na tusz. Zależnie od wymaganej dokładności montażu współliniowość tych powierzchni sprawdza się za pomocą liniału kontrolnego, czujnika lub na płycie. Jeżeli sprawdzenie wykaże różnicę poziomów płaszczyzn, nierówności lub zwichrowanie, to należy płaszczyzny dopiłować, doskrobać lub dotrzeć.

11. Dokumentacja techniczno-ruchowa maszyn, urządzeń i narzędzi

Dokumentacja techniczno-ruchowa (DTR), zwana również paszportem maszyny jest opracowana dla każdej maszyny lub urządzenia osobno i powinna zawierać:

- charakterystykę (parametry techniczne) i dane ewidencyjne,
- rysunek zewnętrzny,
- wykaz wyposażenia normalnego i specjalnego,
- schematy kinematyczne, elektryczne oraz pneumatyczne,
- schematy funkcjonowania,
- instrukcję użytkowania,
- instrukcję obsługi,
- instrukcję konserwacji i smarowania,
- instrukcję BHP,
- normatywy remontowe,
- wykaz części zamiennych,
- wykaz części zapasowych,
- wykaz faktycznie posiadanego wyposażenia,
- wykaz załączonych rysunków.

Nie wszystkie wymienione powyżej elementy składowe DTR muszą zawsze występować w dokumentacji każdej maszyny. W przypadku maszyn i urządzeń o prostej konstrukcji na pewno nie ma potrzeby opracowywanie bardzo obszernej dokumentacji.

Wymagania ogólne względem dokumentacji

Dokumentacja techniczna to przede wszystkim czytelna identyfikacja wyrobu oraz jasna definicja jego przeznaczenia. Warto zwrócić uwagę na to, aby dostarczana dokumentacja wskazywała na zastosowane normy oraz zasadnicze wymagania. Dobrze opracowana dokumentacja techniczna zawierać powinna instrukcję użytkowania oraz opis zastosowanej procedury oceny zgodności łącznie z deklaracją zgodności. Kluczową kwestię stanowi także identyfikacja odpowiedzialności za produkt.

Jakakolwiek zmiana w projekcie i produkcji istniejącego produktu musi zostać odzwierciedlona w dokumentacji. W przypadku wyrobów, które koniecznie wymagają obecności jednostki notyfikowanej, należy ją poinformować o każdej, nawet drobnej, zmianie w zatwierdzonym projekcie. Wówczas jednostka wydaje decyzję na temat zgodności. Istotne jest, aby dokumentacja była również aktualizowana, gdy zmieniają się lub pojawiają nowe przepisy bądź normy. Wówczas należy wdrożyć nowe wymagania i odnotować je w dokumentacji technicznej. Warto zwrócić uwagę na fakt, że niektóre dyrektywy wymagają udokumentowania pełnej historii wyrobu.

Dla użytkownika maszyny lub urządzenia dokumentacja techniczno- ruchowa jest bardzo ważna ponieważ zawiera informacje niezbędne do prawidłowego użytkowania maszyny lub urządzenia, zawiera zasady bezpieczeństwa dotyczące obsługi i użytkowania urządzenia. Każdy pracownik użytkujący maszynę lub urządzenie powinien być zapoznany z jej DTR.

12. Bezpieczeństwo pracy przy montażu i demontażu połączeń spoczynkowych

Wszystkie narzędzia używane przy montażu połączeń spoczynkowych muszą znajdować się w dobrym stanie technicznym. Używanie kluczy o niewłaściwych wymiarach lub zużytych szczękach, a także uszkodzonych nakrętek i śrub o uszkodzonych łbach może spowodować ześliźnięcie klucza i skaleczenie. Używanie wkrętaków o ostrzu uszkodzonym lub niedopasowanym do rowka wkrętu albo wkrętów o uszkodzonym łbie może być również przyczyną skaleczeń. Przy montażu ciężkich przedmiotów należy transportować je za pomocą suwnicy oraz zabezpieczać przed przewróceniem lub spadnięciem ze stołu. Przy nitowaniu należy szczególnie dbać o dobry stan techniczny narzędzi. Wszystkie narzędzia o napędzie elektrycznym muszą być uziemione. Należy używać sprzętu ochrony osobistej (okulary ochronne, ochronniki słuchu, rękawice robocze i inny w zależności od potrzeby).

Przy gwintowaniu rur nie wolno oczyszczać gwintu ręką. Pracując przy gięciu rur na gorąco, należy używać rękawic. Nie należy giąć na gorąco rur ocynkowanych gdyż pary cynku są szkodliwe. Nie należy napełniać rur wilgotnych piaskiem, gdyż powstała para wodna może rozsadzić rurę.

Przy wykonywaniu połączeń skurczowych z ogrzewaniem części obejmującej należy zachować szczególną ostrożność, żeby nie ulec oparzeniu. Podobnie należy uważać przy wykonywaniu połączeń skurczowych z oziębianiem części obejmowanej gdyż działanie środowiska oziębiającego na skórę ludzką jest szkodliwe.

Stanowisko pracy montażu połączeń musi być tak zorganizowane, aby pracownik wykonywał jak najmniej zbędnych ruchów i pracował z małym wysiłkiem fizycznym. Musi być zapewnione bardzo dobre oświetlenie i wyciszenie. Śruby, wkręty, nakrętki, podkładki, nity i inne materiały niezbędne przy montażu powinny być rozmieszczone w oddzielnych przegrodach regału, z wyraźnym oznaczeniem wymiaru na tabliczce. Narzędzia powinny być umieszczone na specjalnych tablicach z widocznym oznakowaniem wymiarów. Części przeznaczone do montażu po winny być ułożone w kolejności montowania.

Narzędzia używane przy montażu powinny być w dobrym stanie technicznym. Przy montażu wałów ciężkich ważących ponad 25 kg należy posługiwać się podnośnikiem. Podczas skrobania panewek należy uważać, żeby nie skaleczyć rąk o krawędzie skrobanych przedmiotów i ostrza skrobaków. Należy dbać o dobre osadzenie skrobaka w oprawce.

Bibliografia:

1. Bożenko L.: Maszynoznawstwo. WSiP, Warszawa, 1994
2. Dretkiewicz-Więch J.: Technologia mechaniczna. Techniki wytwarzania. WSiP, Warszawa, 2000
3. Górecki A: Technologia ogólna. Podstawy technologii mechanicznych. WSiP. Warszawa, 2012
4. Górecki A., Grzegórski Z.: Montaż, naprawa i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłowych. WSiP, Warszawa, 2003
5. Hillary J., Jarmoszuk St. :Ślusarstwo i spawalnictwo. WSiP, Warszawa, 1991
6. Legutko S.: Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń. WSiP, Warszawa,2011
7. Praca zbiorowa: Poradnik mechanika. WNT, Warszawa,2000
8. Solis H., Lenart T.: Technologia i eksploatacja maszyn. WSiP, Warszawa, 1996
9. Zawora J.: Podstawy technologii maszyn. WSiP, Warszawa,2012