

Wiadomości wstępne.

Naprawą maszyn i urządzeń nazywamy realizację czynności, których celem jest usunięcie niesprawności spowodowanych ich zużyciem lub uszkodzeniem.

Czynności te obejmują:

- a) demontaż,
- b) wymianę lub regenerację części i zespołów ,
- c) montaż i sprawdzenie działania maszyny po wykonaniu naprawy.

Konieczność wykonania naprawy oraz jej zakres ustala się na podstawie wyniku kontroli stanu technicznego maszyn i urządzeń. Z pojęciem naprawa łączy się określenie remont, ale remont polega na jednoczesnej naprawie wszystkich zespołów i podzespołów, a naprawa może dotyczyć poszczególnych elementów, podzespołów lub zespołów maszyn i urządzeń.

W praktyce naprawczej utrwalił się tradycyjny podział na naprawy:

- a) bieżące,
- b) główne.

Obecnie podział ten nie jest sformalizowany, natomiast jest pomocny w charakteryzowaniu zakresu czynności naprawczych.

Naprawa bieżąca jest naprawą o stosunkowo niewielkim zakresie, wykonywana w przypadku stwierdzenia awarii części lub zespołu.

Naprawa bieżąca polega zazwyczaj na wymianie części bez potrzeby rozbierania mechanizmów i ich zdejmowania.

Naprawa główna jest naprawą o szerokim zakresie mającą na celu przywrócenie maszynom i urządzeniom sprawności technicznej.

Do naprawy głównej kwalifikują się urządzenia wymagające naprawy większości zespołów. Pojęcie naprawy głównej można stosować zarówno w odniesieniu do całego urządzenia jak i do poszczególnych zespołów.

Czynnościom związanym z naprawą główną towarzyszy na ogół naprawa innych części i zespołów wynikających z ich zużycia. Powoduje to naprawę lub wymianę innych zespołów, które ze względu na swój stan techniczny nie byłyby jeszcze zakwalifikowane do naprawy.

Do typowych operacji, które są wykonywane w procesie naprawy głównej można zaliczyć:

- a) demontaż urządzeń na zespoły, podzespoły i elementy,
- b) weryfikacja elementów w celu oszacowania stopnia zużycia i dokonanie ich selekcji,
- c) selekcja elementów na: o nadające się do dalszej pracy bez konieczności naprawy,
- d) elementy kwalifikujące się do naprawy oraz na elementy, których naprawa byłaby ekonomicznie uzasadniona,
- e) naprawa elementów,
- f) montaż elementów w zespoły,
- g) montaż urządzeń z zespołów,
- h) sprawdzanie poprawności montażu, regulacja i próby,
- i) odbiór naprawionych elementów i urządzeń. jej przeprowadzenia

Planowanie naprawy oparciu o dokumentację techniczną

Uznając potrzebę wykonania naprawy należy dobrać sposób jej przeprowadzenia uwzględniający aspekty techniczne oraz ekonomiczne jej wykonania.

Do aspektów technicznych należą:

- a) rodzaj materiału, z którego został wykonany element,
- b) parametry geometryczne i kształt elementu,
- c) rodzaj uszkodzenia elementu,
- d) warunki pracy danego elementu mające wpływ na dokładność jego wykonania,
- e) wytrzymałość, odporność na zużycie w dalszej eksploatacji.

Dokonanie naprawy elementu lub podzespołu urządzenia jest następnym etapem po przeprowadzeniu oględzin i pomiarów diagnostycznych. Jeżeli oględziny i pomiary diagnostyczne potwierdzą uszkodzenie elementu lub podzespołu urządzenia, to należy zaplanować procedurę postępowania w celu wykonania naprawy.

Rozróżnia się następujące systemy napraw:

- a) system napraw kompleksowych, polegający na wykonaniu wszystkich prac naprawczych w jednym warsztacie,
- b) system napraw poprzez wymianę zużytych zespołów, polegający na naprawie poszczególnych zespołów przez wyspecjalizowane zakłady,
- c) system napraw poprzez wymianę całych urządzeń, polegający na tym, że wyspecjalizowany zakład naprawczy po otrzymaniu urządzenia do naprawy natychmiast wymienia je na tego samego typu.

W ramach systemów rozróżnia się także metody wykonywania napraw:

- a) stanowiskową, polegającą na tym, że np. zespół monterów wykonuje naprawę na jednym stanowisku pracy,
- b) gniazdową, polegającą na tym, że określone grupy czynności naprawczych są wykonywane na wydzielonych stanowiskach pracy,
- c) brygad specjalistycznych, polegającą na tym, że wyspecjalizowane brygady wykonują określone czynności naprawy,
- d) przepływową, polegającą na tym, że montaż i demontaż są wykonywane na wielostanowiskowych liniach przepływowych, podzespoły są naprawiane na innych,
- e) liniach przepływowych, a podzespoły mniej złożone są naprawiane w gniazdach.

Planując proces naprawy maszyn i urządzeń należy skorzystać z informacji zawartych w dokumentacji techniczno-ruchowej (lub instrukcji techniczno-ruchowej), która powinna być dołączona do każdego urządzenia. Dokumentacje techniczno-ruchowe zawierają informacje dotyczące budowy urządzenia (rysunki poglądowe, schematy kinematyczne, elektryczne, pneumatyczne, hydrauliczne), opis działania urządzenia, parametry zasilania, instrukcje wyjaśniające zagadnienia użytkowania i obsługiwanania urządzenia, wykaz części zamiennych, instrukcje bhp – czyli wszelkie informacje niezbędne do prawidłowej eksploatacji urządzenia.

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

- a) charakterystykę (parametry techniczne) i dane ewidencyjne,
- b) rysunek zewnętrzny,
- c) wykaz wyposażenia normalnego i specjalnego,
- d) schematy kinematyczne, elektryczne oraz pneumatyczne,
- e) schematy funkcjonowania,
- f) instrukcję użytkowania,
- g) instrukcję obsługi,
- h) instrukcję konserwacji i smarowania,
- i) instrukcję BHP,
- j) normatywy remontowe,
- k) wykaz części zamiennych,
- l) wykaz części zapasowych,
- m) wykaz faktycznie posiadanego wyposażenia,
- n) wykaz załączonych rysunków.

Z dokumentacji techniczno-ruchowej uzyskać można wiele informacji umożliwiających i ułatwiających przeprowadzenie naprawy. Informacjami tymi mogą być:

- a) budowa i sposób działania urządzenia,
- b) specyfikacja zespołów, podzespołów i elementów urządzenia,
- c) powiązania i współzależności pomiędzy poszczególnymi elementami, podzespołami i zespołami maszyn i urządzeń,
- d) wykaz usterek i sposób postępowania w celu ich usunięcia,
- e) specyfikacja części zamiennych i zapasowych,
- f) rysunki konstrukcyjne podzespołów i zespołów, a często rysunki eksplodujące urządzeń.

Zasady wykonywania weryfikacji elementów maszyn, urządzeń i narzędzi

Weryfikacja jest to proces kontrolowania elementów maszyn, urządzeń i narzędzi pod kątem pełnienia określonych funkcji lub zadań, zakwalifikowania do określonej grupy.

Weryfikacji podlegają wszystkie elementy maszyn, urządzeń i narzędzi. Przeprowadzenie weryfikacji przyczynia się do znacznego obniżenia kosztów naprawy i racjonalnego wykorzystania części.

Wskazane jest, aby weryfikacja odbywała się zgodnie z instrukcją opracowaną dla potrzeb naprawy maszyn i urządzeń.

Instrukcja ta powinna zawierać:

- a) warunki techniczne weryfikacji,
- b) kolejność operacji weryfikacyjnych,
- c) zalecane metody weryfikacji,
- d) wykaz narzędzi i przyrządów pomiarowych,
- e) specyfikację parametrów weryfikowanych części.

W wyniku procesu weryfikacji wszystkie sprawdzane elementy powinny być podzielone na trzy grupy:

- a) elementy do ponownego wykorzystania – elementy nie posiadające oznak zużycia lub elementy, których parametry zawierają się w granicach tolerancji,
- b) elementy do regeneracji – posiadające oznaki zużycia, lecz w stopniu niewielkim,
- c) elementy przeznaczone do złomowania – zużyte w bardzo dużym stopniu lub zniszczone.

Weryfikację szczegółową przeprowadza się w czasie demontażu poprzez:

- a) pomiary parametrów elementów weryfikowanych i porównanie ich wartości z wartościami granicznymi tych parametrów zawartych w dokumentacji technicznej elementu,
- b) określanie na podstawie tabel, katalogów technicznych, w których producenci elementów określają poprawne wartości parametrów elementów maszyn, urządzeń i narzędzi,
- c) ocenę ogólnego wyglądu elementów weryfikowanych,
- d) określenie czasu pracy elementu i porównanie z czasem pracy zalecanym przez producenta.

Bardzo ważnym warunkiem poprawnego przeprowadzenia weryfikacji jest doświadczenie pracownika przeprowadzającego weryfikację.

Ocenę wynikającą z weryfikacji wpisuje się do arkusza weryfikacyjnego części, podzespołu lub zespołu.

Rozpoznawanie zużycia i określenie uszkodzeń maszyn i urządzeń odbywa się w następującej kolejności:

maszyna-----> zespół (mechanizm)-----> podzespół---> element.

W zwięzku z tym wyróżnia się:

- a) weryfikację maszyn (kwalifikowanie maszyn do remontu),
- b) weryfikację zespołów lub podzespołów (diagnostykę zespołów lub podzespołów),
- c) weryfikację podzespołów prostych i części.

Ślusarze w mniejszym stopniu zajmują się weryfikacją maszyn, ale weryfikacja zespołów i podzespołów oraz części wchodzi w zakres czynności, które powinni wykonywać.

Metody określania zużycia, uszkodzeń i wad ukrytych w czasie weryfikacji części po demontażu.

Spośród wielu metod ilościowego określania zużycia, w warunkach warsztatowych najpowszechniej stosuje się metody:

- a) liniową,**
- b) wagową,**
- c) objętościową.**

Metoda liniowa polega na określaniu zużycia przez zmianę wymiaru liniowego. Podstawą jest pomiar wymiaru liniowego badanego elementu po określonym czasie zużywania i porównanie z wartością zapisaną w dokumentacji technicznej elementu. Metoda liniowa bezpośrednio dotyczy parametrów stereometrycznych (geometrycznych) weryfikowanych elementów.

Metoda wagowa polega na ważeniu po określonym czasie pracy. Różnica masy elementu weryfikowanego i masy nominalnej daje informację o wartości zużycia. Analogicznie do obu wymienionych metod, w przypadku metody objętościowej miarą zużycia jest zmiana objętości próbki (elementu) przed i po zużyciu.

Od właściwego rozpoznania uszkodzeń zewnętrznych i wad ukrytych w znacznym stopniu zależy trafność decyzji weryfikacyjnych.

Na początku wykonuje się odpowiednie próby sprawności maszyn oraz osłuchiwanie i badanie dotykowe pracujących mechanizmów z użyciem przyrządów wyczulających zmysły (np. szkieł powiększających, stetoskopów).

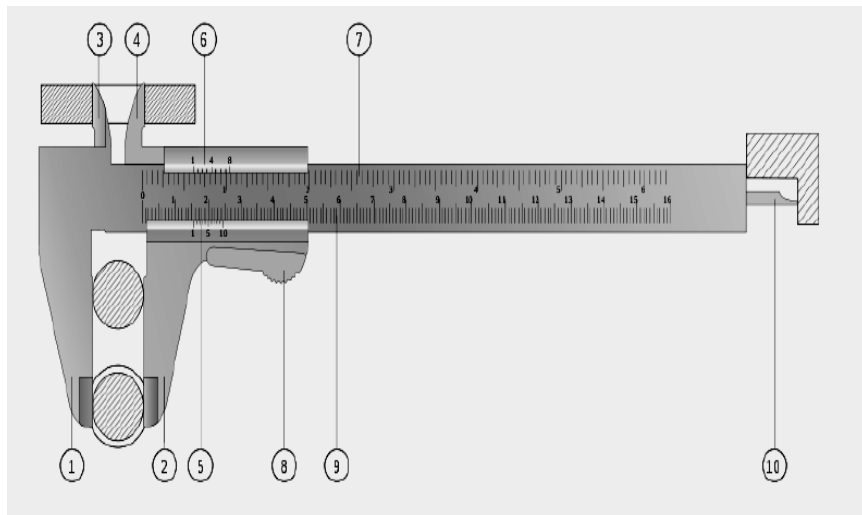
Następnie ocenia się zespoły i podzespoły, a później elementy stosując metody przedstawione powyżej.

Pomiaru parametrów geometrycznych elementów poddawanych weryfikacji stosuje się narzędzia i przyrządy pomiarowe takie jak podczas wykonywania pomiarów warsztatowych.

Pomiar długości

Do pomiaru długości stosuje się:

a) **przyrządy suwmiarkowe – suwmiarki z odczytem noniuszowym, cyfrowym, wskazówkowym, głębokościomierze suwmiarkowe, wysokościomierze suwmiarkowe.**



Budowa suwmiarki: 1. stała szczeka do pomiaru wymiarów zewnętrznych, 2. ruchoma szczeka do pomiaru wymiarów zewnętrznych, 3. stała szczeka do pomiaru wymiarów wewnętrznych, 4. ruchoma szczeka do pomiaru wymiarów wewnętrznych, 5. zwiększający dokładność pomiarową odczytu w [mm], 6. noniusz zwiększający dokładność pomiarową odczytu w calach, 7. podziałka calowa, 8. dźwignia zacisku ustalającego położenie przesuwnej szczęki, 9. podziałka milimetrowa, 10. głębokościomierz, do pomiarów głębokości i wymiarów mieszanych



Suwmiarka z odczytem cyfrowym



Suwmiarka z odczytem wskazówkowym

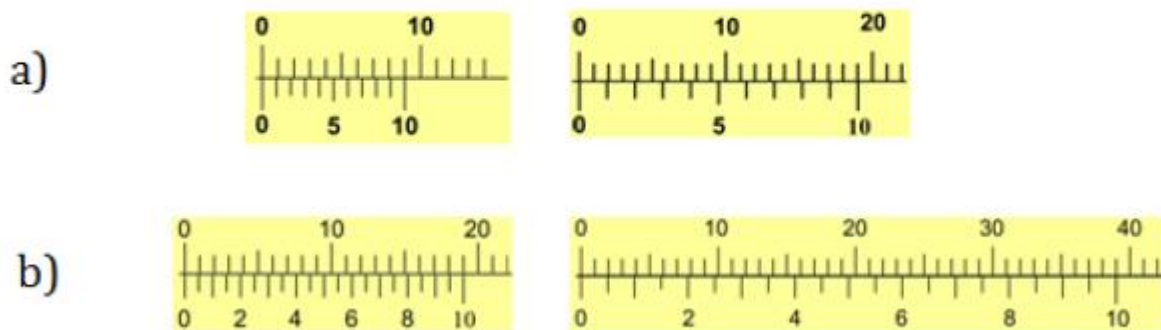
W przypadku suwmiarki wyposażonej w noniusz wartość wielkości mierzonej odczytuje się bezpośrednio i polega na odczytaniu najpierw całkowitej liczby milimetrów, a następnie na znalezieniu kreski noniusza, która pokrywa się (jest w jednej linii) z kreską podziałki na prowadnicy.

Wartość wskazania suwmiarki:

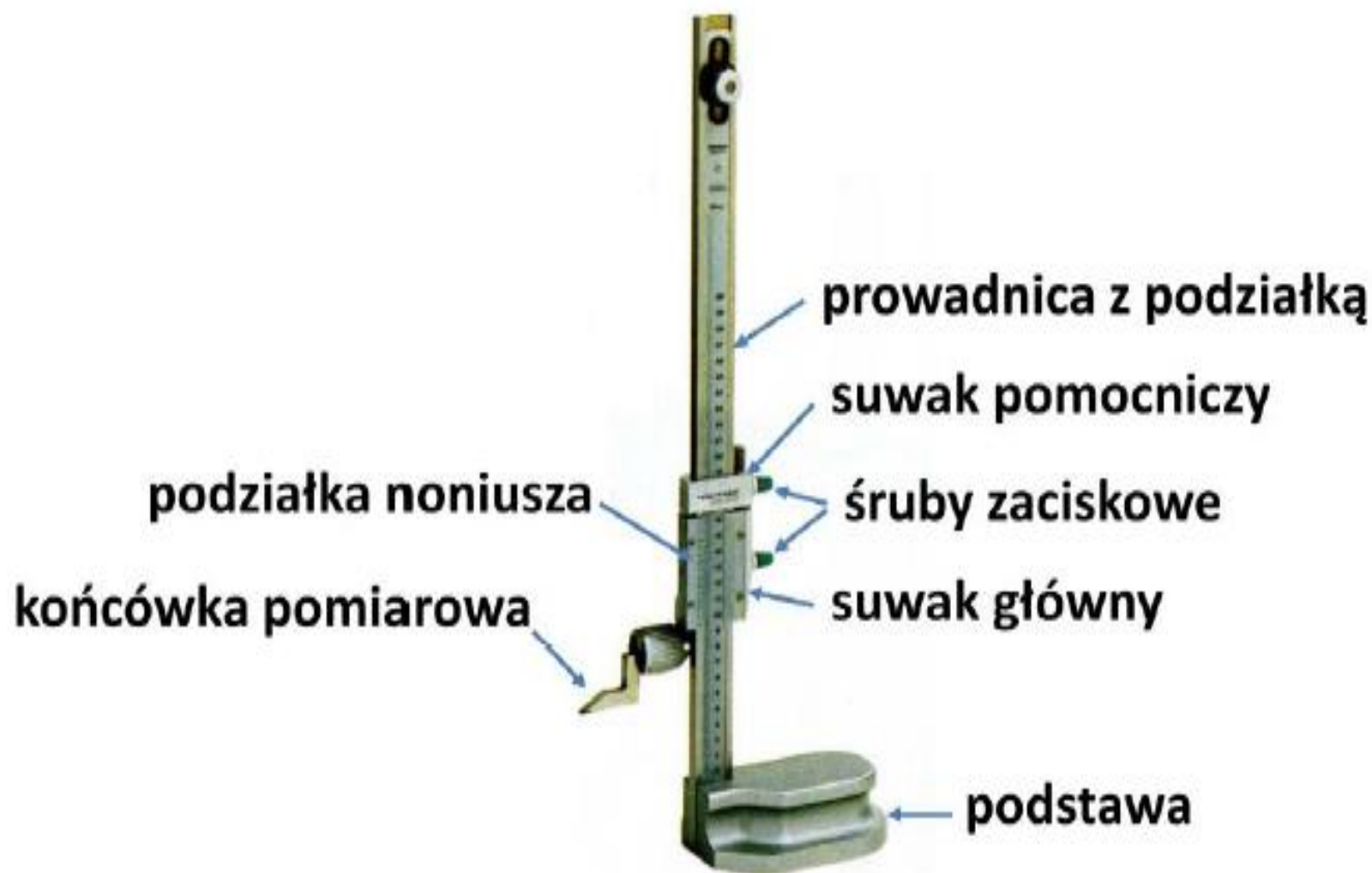
$$L = N \cdot L_p + k \cdot \Delta$$

gdzie: N – liczba całkowita działek elementarnych prowadnicy, L_p – wartość działki elementarnej prowadnicy, k – liczba kresek noniusza do k -tej kreski będącej w jednej linii z kreską prowadnicy,

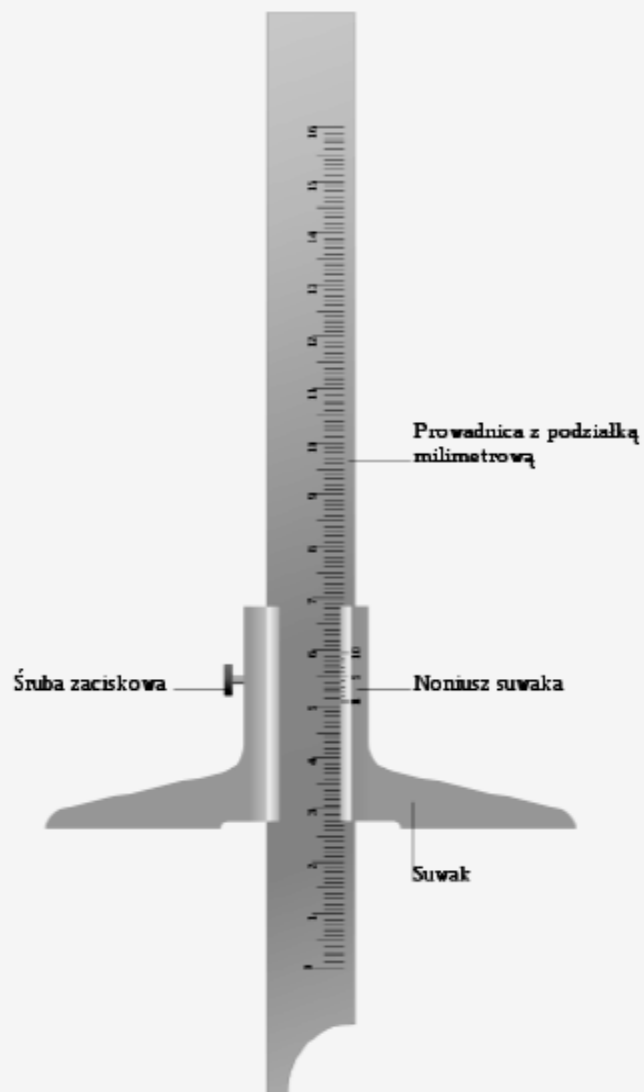
Δ – rozdzielczość noniusza, $\Delta = L_p/n$, gdzie: n – liczba działek elementarnych noniusza.



Widok noniuszy i podziałki głównej suwmiarek umożliwiające wykonanie pomiaru z dokładnością: a) 0,1 mm; b) 0,05 mm



Rys. 3.12. Budowa wysokościomierza suwmiarkowego



Rys. 3.13. Budowa głębokościomierza suwmiarkowego

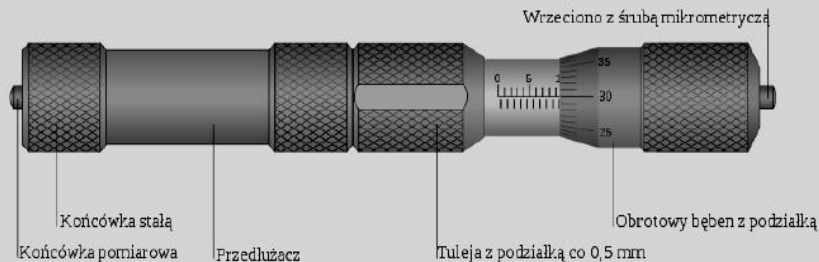
b) przyrządy mikrometryczne – mikrometr zewnętrzny, mikrometr wewnętrzny, średnicówka mikrometryczna, głębokościomierz mikrometryczny.



Rys. 3.14. Mikrometr zewnętrzny [www.okazje.info.pl].



Rys. 3.15. Mikrometr do pomiaru wymiarów wewnętrznych [www.opisyprzrzady.prv.pl]

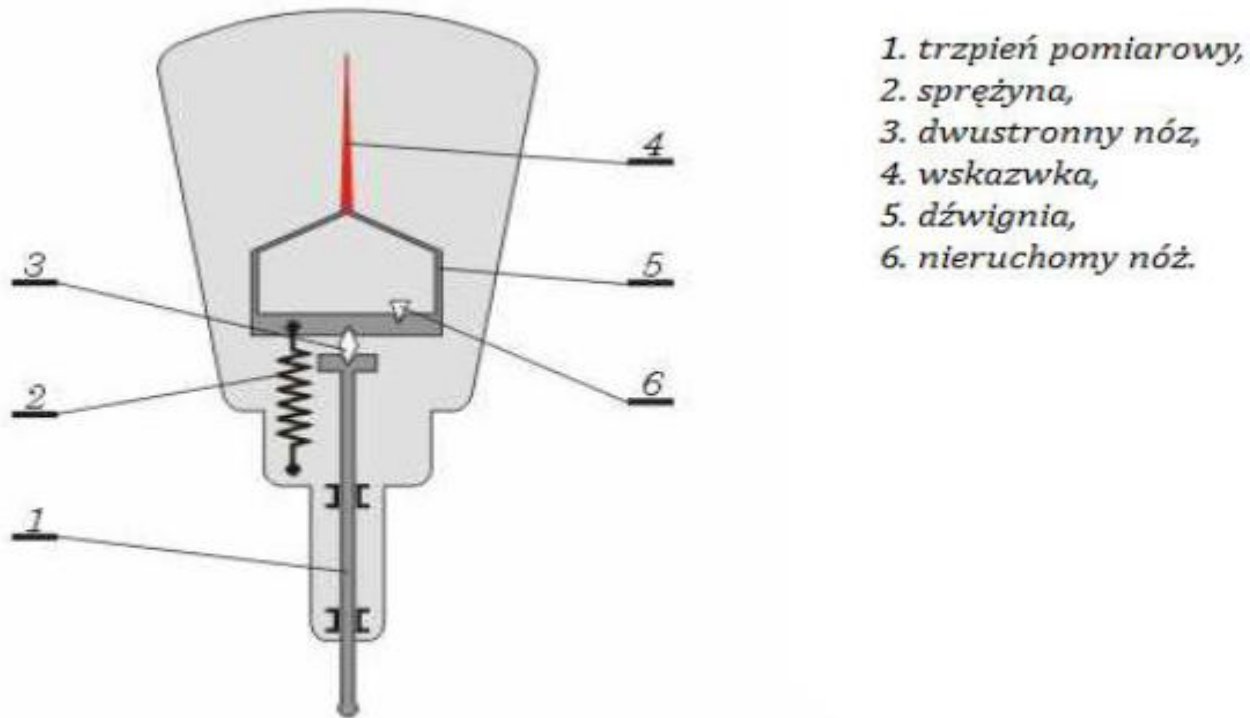


Rys. 3.16. Średnicówka mikrometryczna

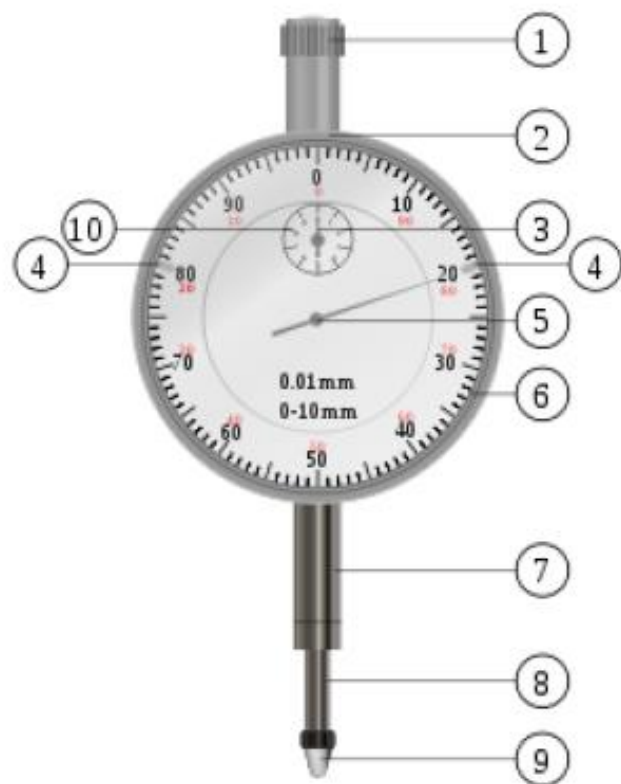


Rys. 3.17. Widok głębokościomierza mikrometrycznego

c) Czujniki – służą do pomiarów długości metodą różnicową. Metoda ta polega na pomiarze małych różnic między wzorcem, a mierzonym wymiarem danego elementu. Wzorcem długości jest, np. stos płytek wzorcowych. Czujniki mają mały zakres pomiarowy, lecz charakteryzują się dużą dokładnością wskazań.



Rys. 3.18. Konstrukcja czujnika dźwigniowego



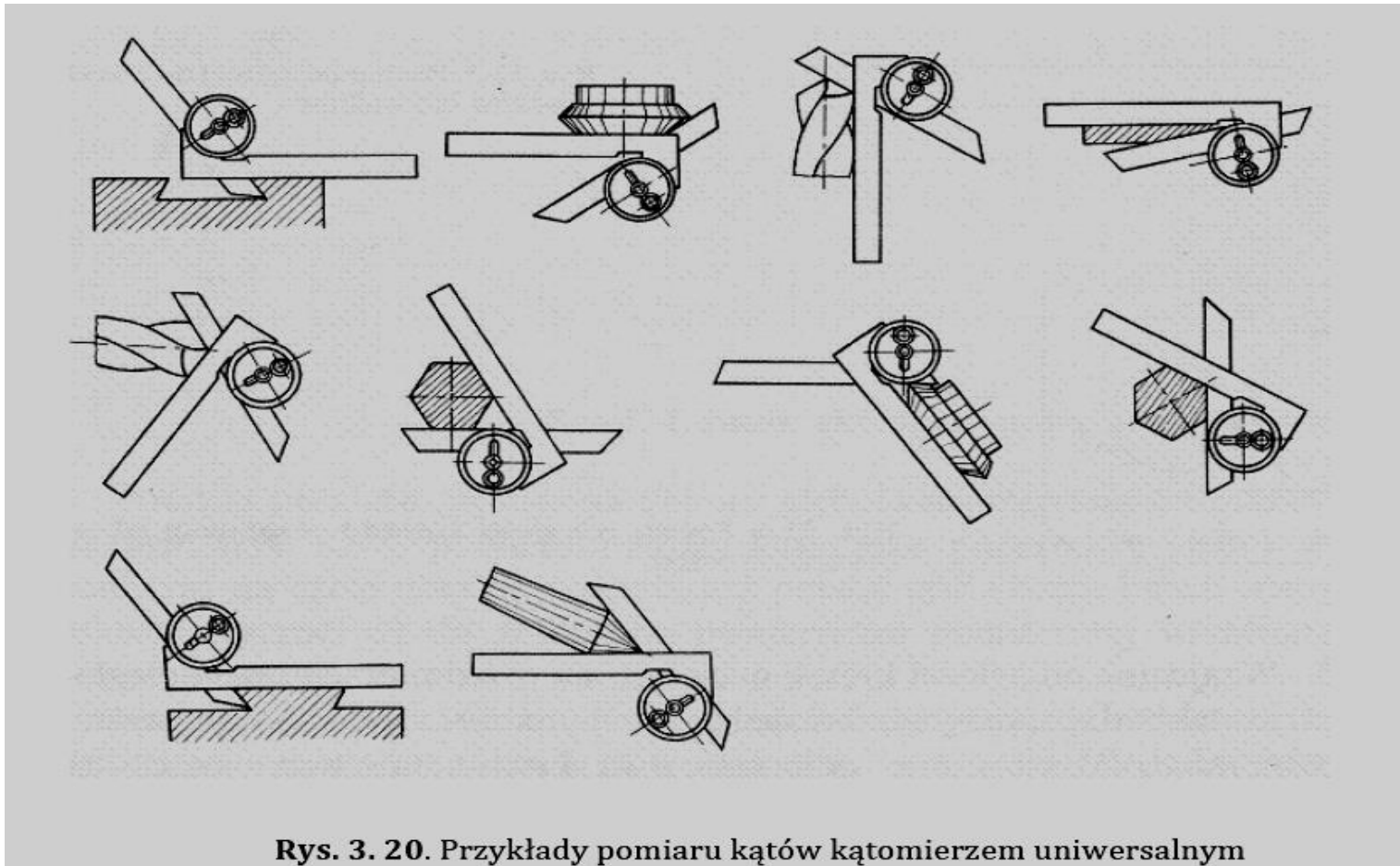
- 1 - uchwyt do podnoszenia i opuszczania trzpienia pomiarowego
- 2 - pierścień do ustawiania tarczy
- 3 - mała wskazówka [mm]
- 4 - ustawne wskaźniki tolerancji
- 5 - duża wskazówka
- 6 - obudowa
- 7 - tuleja trzpienia
- 8 - trzpień pomiarowy
- 9 - końcówka pomiarowa
- 10 - podziałka pomocnicza [mm]

Rys. 3.19. Budowa czujnika zegarowego

d) pomiar kątów – do pomiaru kątów używamy:

- kątomierza uniwersalnego,
- płytek wzorcowych.

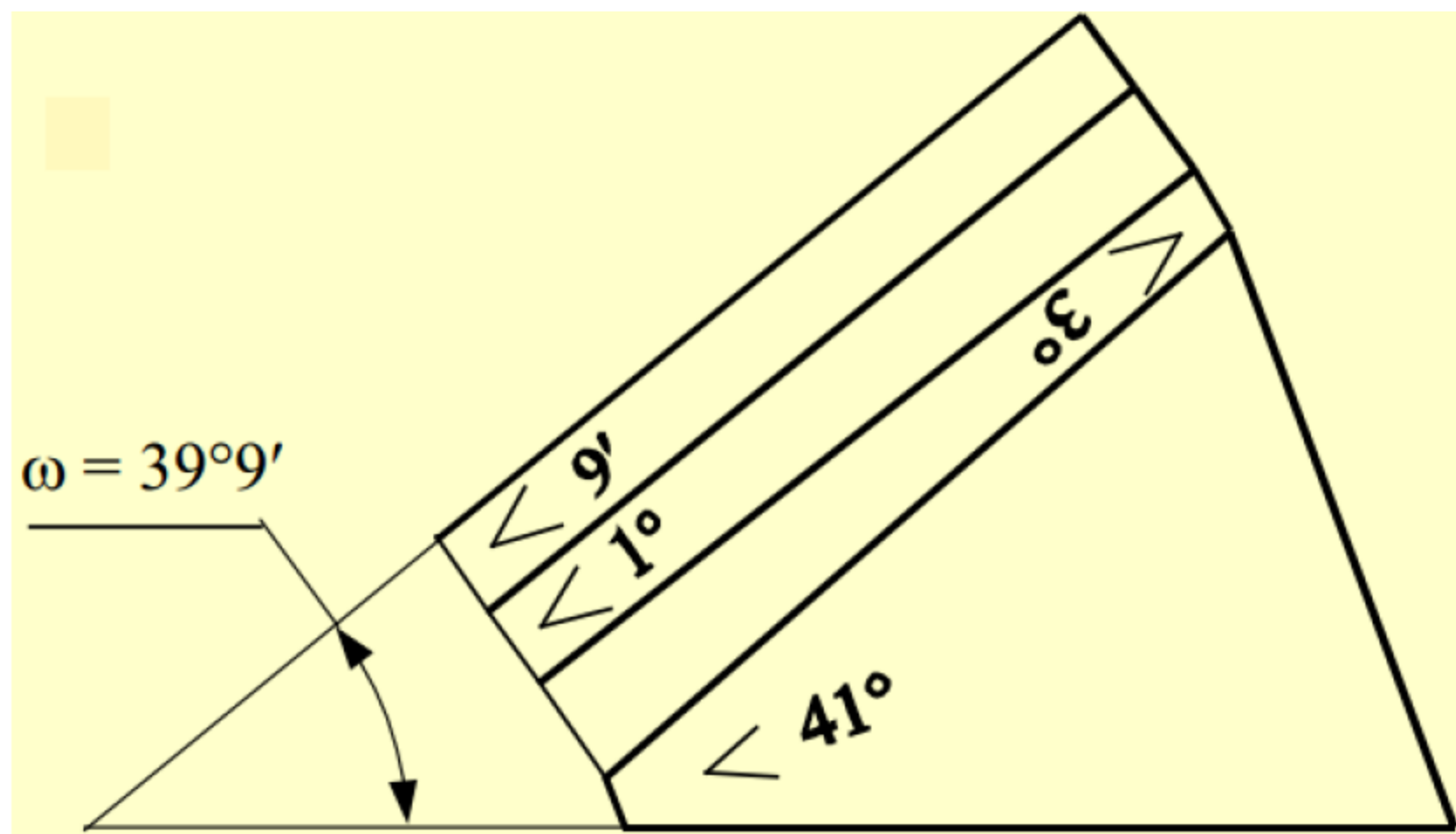
Pomiar kątomierzem uniwersalnym polega na przyłożeniu bez szczelin obu ramion kątomierza do powierzchni boków mierzonego kąta. Wskazania odczytuje się z noniusza.



W celu pomiaru kąta stosowane są płytki kątowe przywieralne składane w zestawy odpowiadające odpowiedniej wartości kąta.



Rys.3.21. Zestaw płytek kątowych przywieralnych



Rys.3.22. Sposób przygotowania płytek przywieralnych do wykonania pomiaru

5. Sprawdziany

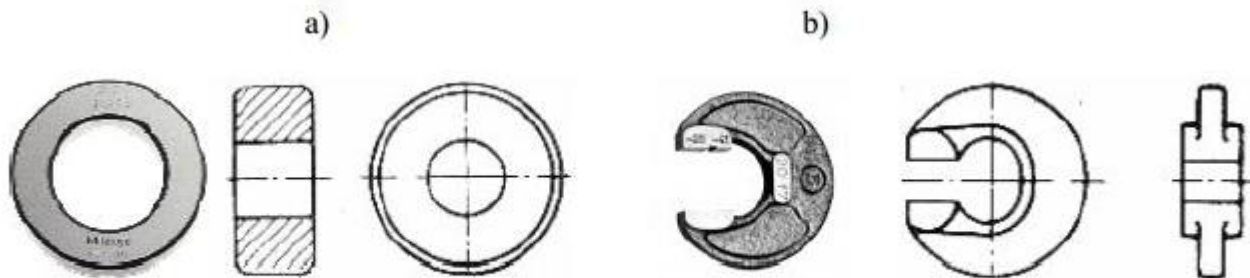
Sprawdziany umożliwiają sprawdzenie, czy dany wymiar jest poprawny, czy nie-poprawny – nie pozwalają na określenie wartości rzeczywistej wymiaru. Dzięki stosowaniu sprawdzianów możliwe jest określenie, czy wymiar nie przekracza wartości granicznej (dolnej i górnej). Sprawdziany dzielą się na sprawdziany:

- a) wymiaru,
- b) kształtu.

Do najczęściej stosowanych sprawdzianów wymiaru zalicza się sprawdziany do:

- a) otworów,
- b) wałków,
- c) gwintów.

Sprawdziany mogą odwzorowywać tylko jeden wymiar graniczny (najmniejszy lub największy) – wtedy nazywane są sprawdzianami **jednogranicznymi**, mogą także odwzorowywać oba wymiary graniczne – wtedy nazywane są **dwugranicznymi**.



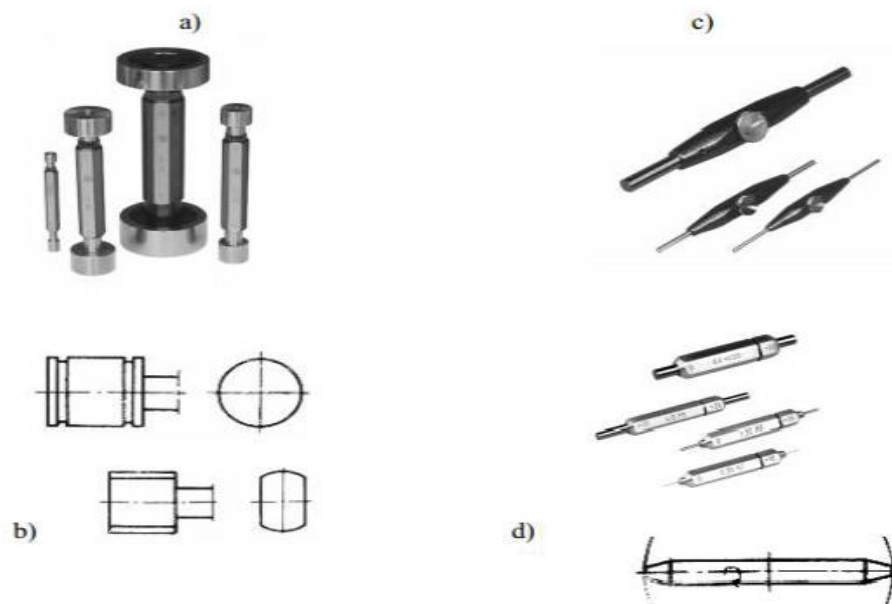
Rys. 3.23. Sprawdziany jednograniczne do wałków; a) pierścieniowy, b) szczękowy



Rys. 3.24. Sprawdzian dwugraniczny do wałków



Rys. 3.26. Sprawdziany do gwintów zewnętrznych: a) pierścieniowy, b) szczękowy rolkowy



Rys. 3.25. Sprawdziany do otworów; a) tłoczkowy walcowy dwugraniczny, b) łopatkowy walcowy, c) średniówkowe, d) sposób pomiaru



Rys. 3.27. Sprawdzian trzpieniowy przechodnio-nieprzechodni do gwintów wewnętrznych

W celu pomiaru promienia zaokrąglenia stosowane są promieniomierze.

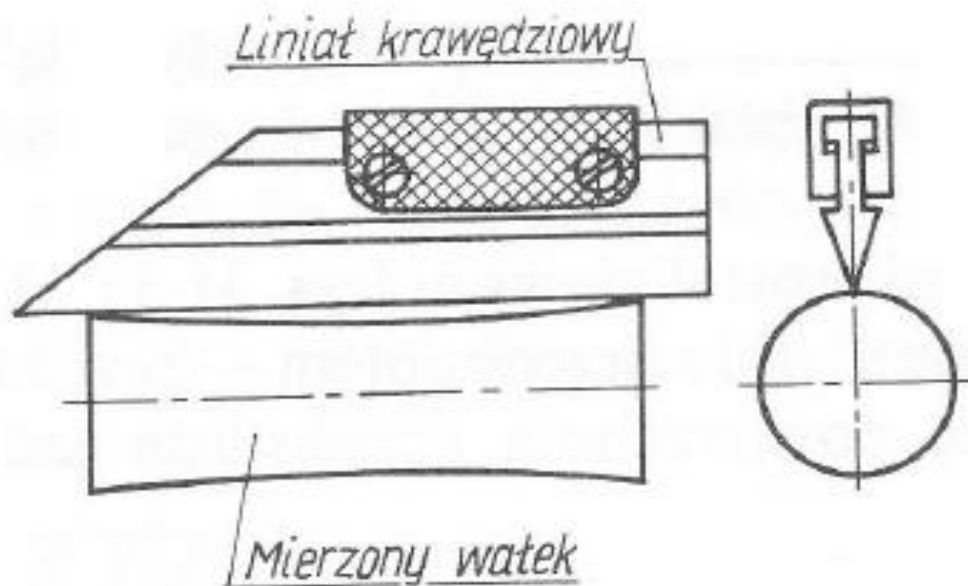


Rys. 3.28. Komplet promieniomierzy



6. Pomiar odchyłek prostoliniowości

Zasadę pomiaru odchyłki prostoliniowości (np. tworzącej wałka) przedstawiono na rys.3.29. Należy przyłożyć wzdłuż tworzącej wałka liniał krawędziowy i obserwować szczelinę jaka może powstać pomiędzy krawędzią liniału, a tworzącą wałka.

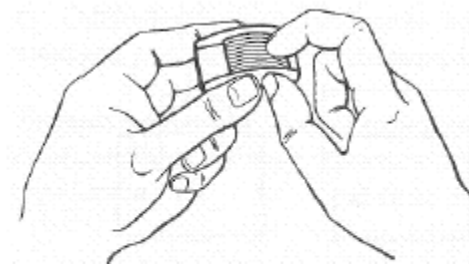


Rys. 3.29. Pomiar odchyłki prostoliniowości

7. Ocena chropowatości powierzchni

Stosowane są dwie metody oceny chropowatości powierzchni przedmiotów:

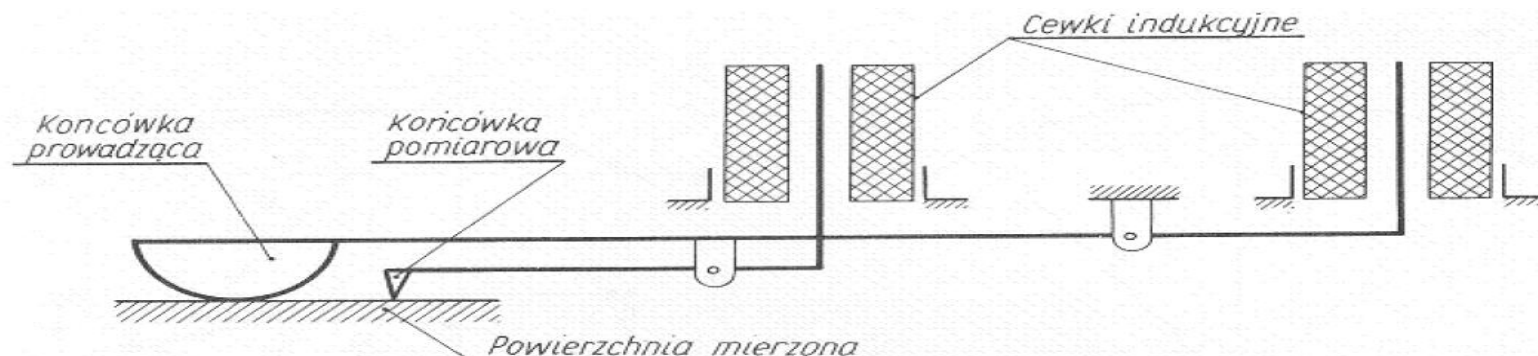
- a) metoda porównania z wzorcem chropowatości,
- b) pomiar profilometrem.



Rys. 3.30. Ocena chropowatości powierzchni poprzez porównanie dotykiem wzorca chropowatości i powierzchni przedmiotu



Ocena chropowatości powierzchni *poprzez porównanie z wzorcem* polega na *prze-suwaniu paznokcia lub miękkiej blaszki po powierzchni wzorca chropowatości i po powierzchni badanej*. Jeżeli drgania paznokcia (lub blaszki) w obu przypadkach są jednakowe to przyjmuje się, że chropowatość badanej powierzchni i wzorca są jednakowe.



Rys. 3.31. Stanowisko do wykonywania pomiarów profilometrem

Istotą pomiaru chropowatości jest *porównanie sygnałów elektrycznych generowanych w cewkach indukcyjnych sprzężonych z końcówkami: prowadzącą i pomiarową*.

8. Badania nieniszczące

Są przypadki, że weryfikacji elementów nie można dokonać metodami opisanymi powyżej, lecz niezbędna jest specjalistyczna aparatura i wykonanie tzw. badań nieniszczących.

Za pomocą badań nieniszczących można badać:

- a) wewnętrzne i zewnętrzne defekty (makroskopowe),
- b) cechy geometryczne,
- c) strukturę i skład materiału,
- d) niektóre właściwości fizyczne.

Badania nieniszczące dostarczają one informacji o stanie elementu i nie powodują zmian zarówno badanych, jak i niebadanych właściwości użytkowych obiektu oraz jego funkcji. Zaliczamy do nich **defektoskopię, która umożliwia znalezienie i identyfikację nieciągłości struktury badanego obiektu (wadę, defekt)**. Mogą to być zanieczyszczenia, pęknięcia i nieprawidłowości struktury wewnętrznej. Badania defektoskopowe pozwalają wykryć nawet niewielkie wady materiału oraz określić ich wymiary i lokalizację. W pracach remontowych badania defektoskopowe wykonuje się głównie metodami:

- a) penetracyjnymi,
- b) ultradźwiękowymi,
- c) magnetycznymi,
- d) rentgenowskimi.

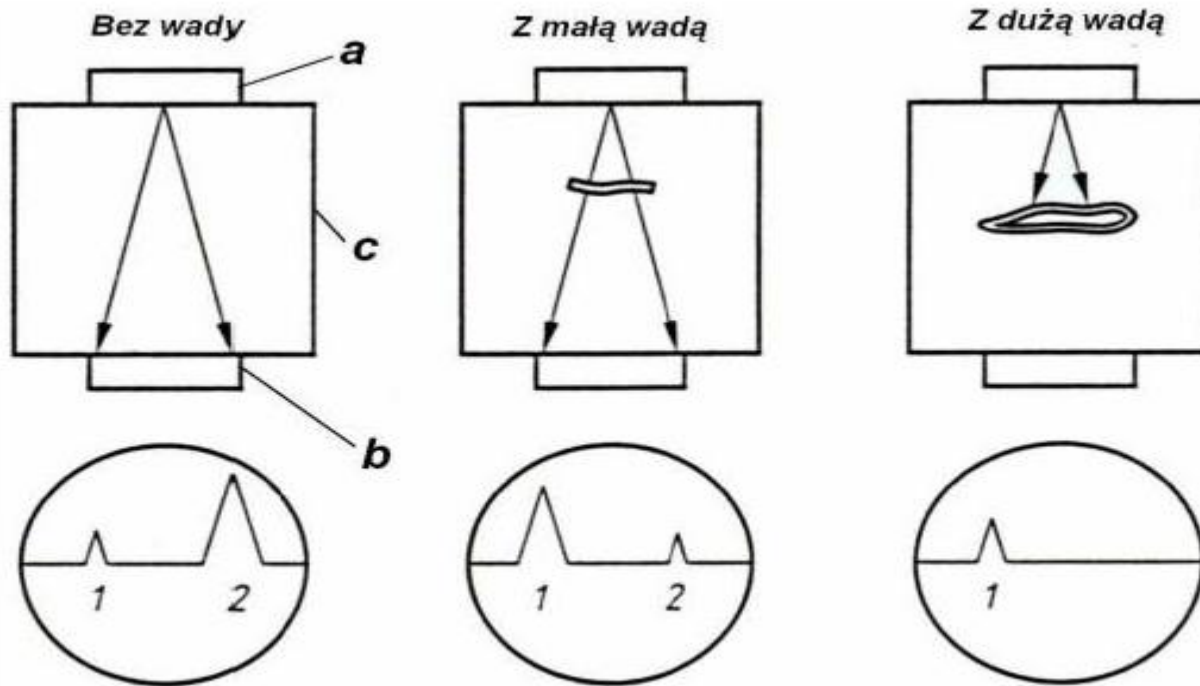
Metoda penetracyjna polega na wykorzystaniu cieczy łatwo wnikałej w wadę oraz na zabiegach umożliwiających powiększenie obrazu wykrytej wady. Metoda pozwala na wykrycie powierzchniowych wad o szerokości powyżej 2 μm . Metoda bazuje na zdolności cieczy do wnikania w małe otwory – dzięki zjawiskom kapilarnym. Materiał pokrywa się cieczą, następnie oczyszcza się powierzchnię. Ciecz, która wnikała do pęknięć pozostaje tam. Następnie rozpyla się wywoływacz powierzchni badaną. Ciecz z pęknięć reaguje z wywoływaczem i powoduje zmianę koloru.

Badania ultradźwiękowe polegają na wykorzystaniu fal ultradźwiękowych przechodzących przez badane materiały. Ultradźwiękiem nazywa się drgania mechaniczne powyżej obszaru słyszalności ucha ludzkiego, o częstotliwościach ponad 20 kHz. Drgania te wywołują powstanie w materiałach fal ultradźwiękowych. Fale ultradźwiękowe rozchodzą się w ośrodkach stałych, ciekłych lub gazowych, uginają się wokół przeszkód występujących na ich drodze, a na granicy dwóch ośrodków ulegają załamaniu lub odbiciu.

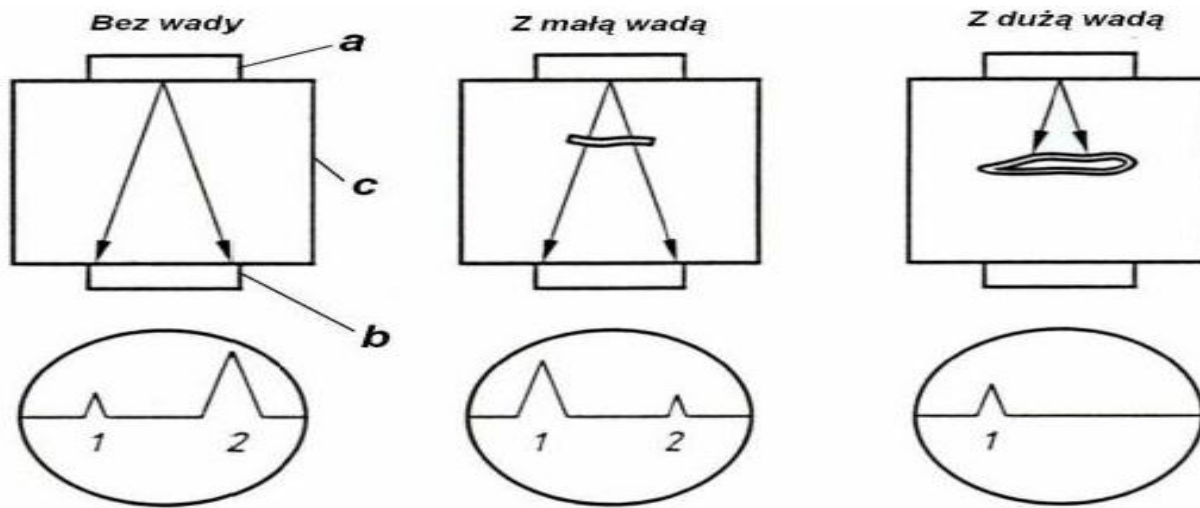
Właściwości fal ultradźwiękowych wykorzystuje się przy badaniu materiałów metodami:

- a) przenikania,
- b) echa.

W metodzie przenikania stosuje się dwie sondy: nadawczą oraz odbiorczą, które są umieszczone po obu stronach badanego przedmiotu.



Rys. 3.32. Badania ultradźwiękowe, metoda przenikania:
a – sonda nadawcza, b – sonda odbiorcza, c – badany przedmiot

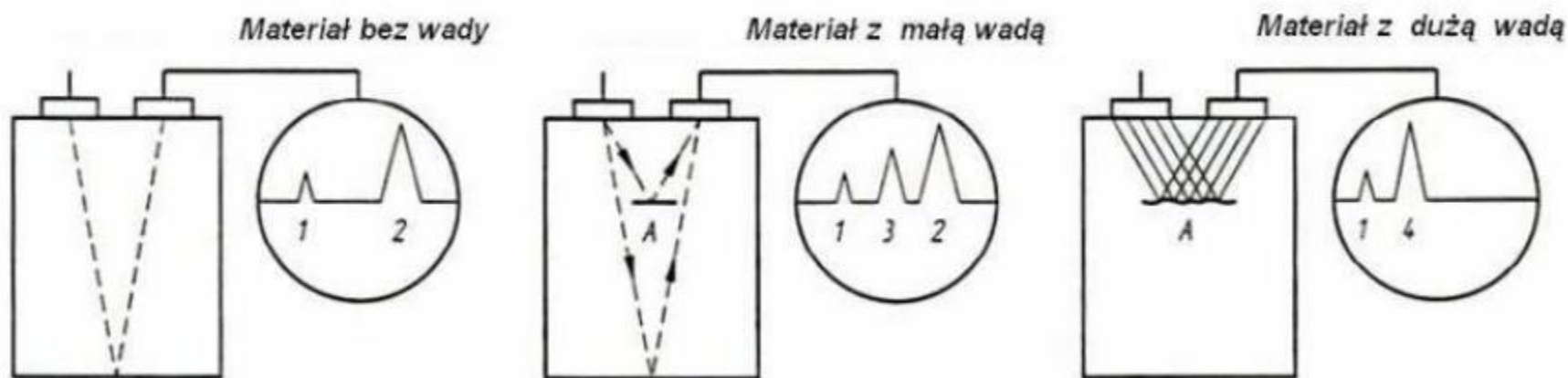


Rys. 3.32. Badania ultradźwiękowe, metoda przenikania:
a – sonda nadawcza, b – sonda odbiorcza, c – badany przedmiot

Przebiegi na oscyloskopie odpowiadające przenikaniu fal ultradźwiękowych przez przedmiot umożliwiają ocenę czy przedmiot nie zawiera wad oraz czy wada jest mała lub duża. W przypadku przedmiotu bez wad impuls docierający do sondy odbiorczej jest duży. W przypadku niewielkiej wady impuls jest mały. Impuls ten nie występuje w przypadku dużej wady.

W metodzie echa obie sondy (nadawcza i odbiorcza) są umieszczane po jednej stronie przedmiotu. Materiał bez wady daje dwa impulsy. Przedmiot z wadą daje dodatkowe impulsy.

Metody ultradźwiękowe są szeroko stosowane w badaniach do wykrywania wad wewnętrznych odlewów, konstrukcji spawanych. Może być stosowana również do badania materiałów niemetalowych takich jak guma lub tworzywa sztuczne.

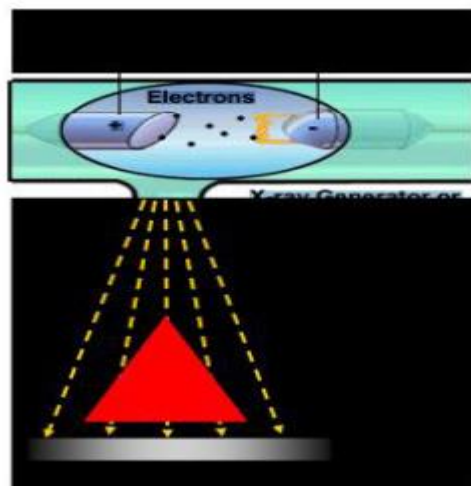


Rys. 3.33. Badania ultradźwiękowe, metoda echa

Metoda rentgenowska wykorzystuje zjawisko niejednakowego pochłaniania promieni rentgenowskich przez niejednorodny materiał.

Badania radiologiczne polegają na prześwietlaniu przedmiotów promieniami X lub γ , które przechodząc przez materiał ulegają rozpraszaniu i pochłanianiu. Promienie przechodzą przez przedmiot, przy czym natężenie promieniowania jest inne w materiale jednorodnym, zaś inne w materiale z wadą.

Wiązka promieniowania przepuszczona przez przedmiot na ekranie fluoroscencyjnym lub kliszy fotograficznej (umieszczonej pod badanym przedmiotem) wytwarza obraz. Przedmioty jednorodne dają obraz jaśniejszy, natomiast przedmioty zanieczyszczone lub pęcherze gazowe wytwarzają obraz ciemniejszy. Ocena wad, dokonywana jest przez porównanie z odpowiednimi wzorcami, wymaga jednak wiedzy i doświadczenia. Pojedynczy radiogram pozwala na określenie rodzaju wady wewnętrznej oraz jej położenia w płaszczyźnie równoległej do kliszy. Nie da się jednak na tej podstawie ustalić głębokości położenia wady. W tym celu wykonuje się kilka zdjęć rentgenowskich w różnych płaszczyznach.

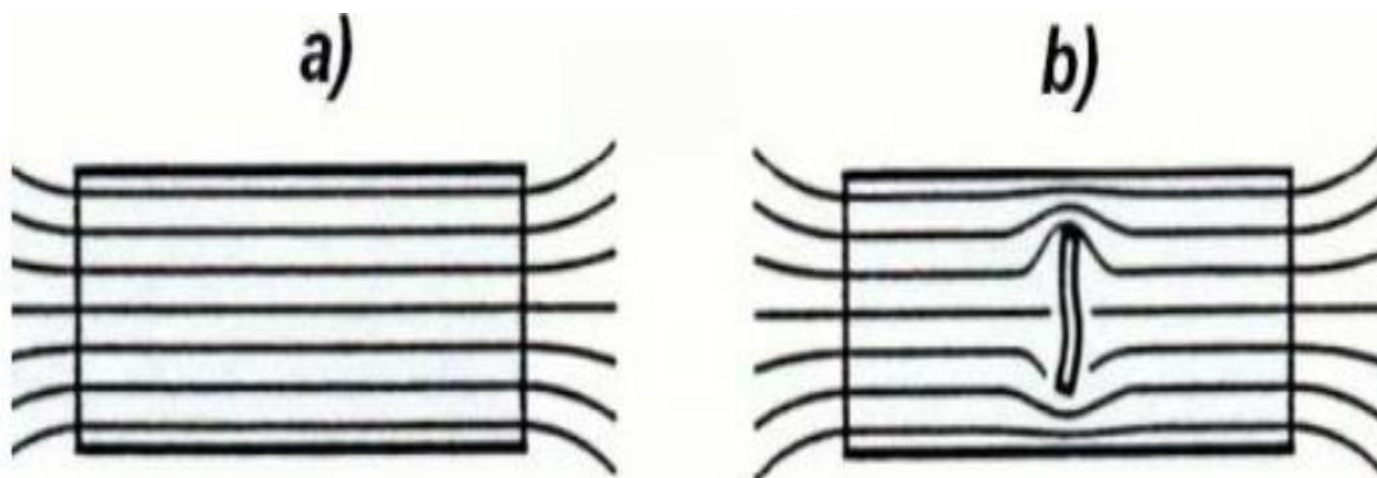


Rys.3.34. Ilustracja metody radiologicznej

Badania magnetyczne umożliwiają wykrycie wad wewnętrznych i powierzchniowych w materiałach ferromagnetycznych, czyli w stopach żelaza. Polegają one na wykorzystaniu różnic między przenikalnością magnetyczną stali a przenikalnością przez wady takie jak:

- a) pęknięcia,
- b) rysy,
- c) wtrącenia niemetaliczne,
- d) pęcherze gazowe.

Linie sił pola magnetycznego przebiegające drogą o największej przenikalności omijają wady, zagęszczając się na ich granicy.



Rys. 3.35. Rozkład sił pola magnetycznego w ferromagnetyku:
a - przedmiot bez wady, b - przedmiot z wadą

Metody naprawy uszkodzonych elementów

Typowymi objawami zużycia elementów części maszyn, urządzeń i narzędzi są starcie powierzchni elementów współpracujących, **zmiany kształtu** (wygięcie, skrócenie, wydłużenie, pęknięcie, wykruszenie, zarysowania powierzchni, złamanie, itp.) oraz zmiany **właściwości mechanicznych** (np. zmiana twardości).

Zużyte elementy maszyn, urządzeń i narzędzi naprawia się następującymi metodami:

- 1) przez regulację (ewentualnie połączona z wykonaniem podstawowej obróbki mechanicznej),
- 2) wymianę części,
- 3) przez regenerację części.

Elementy po wykonaniu naprawy powinny posiadać nie tylko odpowiednie parametry geometryczne, ale również właściwości fizyczne i mechaniczne.

Naprawę poprzez regulację stosuje się w przypadkach nieznacznego zużycia części lub podzespołów, np. mocniejsze dokręcenie połączeń śrubowych, wbicie klina, korekta położenia elementów współpracujących, korekta siły docisku elementów współpracujących.

Korzystniejsza jest jednak naprawa przez obróbkę mechaniczną jednej części i wymianę drugiej z części współpracujących na nową o wymiarze dopasowanym do wymiaru części naprawianej. Jest to tak zwana naprawa przez zastosowanie wymiarów naprawczych. W tym przypadku współpracujące części mechanizmu odzyskują prawidłowy kształt geometryczny i pierwotny luz, ale ich wymiary różnią się od wymiarów pierwotnych - co nie wpływa na jakość pracy elementów.