Moduł 8

Przyrządy pomiarowe

1. Cel, dokładność oraz metody pomiarowe
2. Przymiar kreskowy
3. Szczelinomierze
4. Promieniomierze
5. Liniał krawędziowy
6. Przyrządy do pomiaru kątów
7. Sprawdziany, ich podział i zastosowanie
8. Płytki wzorcowe
9. Czujniki
10. Mikroskop warsztatowy
11. Suwmiarki, wysokościomierze i mikrometry
12. Bibliografia

1. Cel i dokładność pomiarów oraz metody pomiarowe

Celem pomiarów warsztatowych jest sprawdzenie zgodności wykonania przedmiotu obrabianego (głównie pod względem kształtu i wymiarów) z rysunkiem technicznym lub zgodnie z inną dokumentacją. Pomiar to doświadczalne wyznaczanie z określoną dokładnością miary danej wielkości przez porównywanie mierzonej wielkości z wartością tej wielkości przyjmowaną za jednostkę miary (np. w przypadku mierzenia długości – porównywanie wymiaru przedmiotu z jednostką długości, tj. wyrażanie tego wymiaru w mm).

Każdy pomiar jest obarczony pewnym **błędem** powstałym wskutek niedokładności przyrządów pomiarowych, niedoskonałości wzroku oraz warunków, w jakich pomiar się odbywa, np. temperatury. Pomiary zaleca się wykonywać w temperaturze ok. 20°C.
W zależności od sposobu otrzymywania wartości wielkości mierzonej rozróżnia się metody pomiarowe: bezpośrednią i pośrednią.

Metoda pomiarowa bezpośrednia występuje wówczas, gdy wartość wielkości mierzonej jest otrzymywana wprost, bez konieczności wykonywania obliczeń (np. bezpośrednie odczytywanie wskazania mikrometru).

Metoda pomiarowa pośrednia polega na tym, że poszukiwana wartość wielkości mierzonej jest obliczana pośrednio, tj. z wykorzystaniem wielkości zmierzonych bezpośrednio (np. wyznaczanie objętości stożka na podstawie pomiarów jego wysokości i średnicy podstawy).

W zależności od sposobu porównywania wartości wielkości mierzonej z jednostkami miary rozróżnia się metody: bezpośredniego porównywania oraz różnicową.

Metoda bezpośredniego porównywania występuje wówczas, gdy cała wartość wielkości mierzonej jest porównywana z jednostkami tej samej wielkości (np. pomiar długości przymiarem).

Metoda różnicowa polega na pomiarze niewielkiej różnicy między wartością wielkości mierzonej a znaną wartością tej wielkości (np. pomiar średnicy średnicówką czujnikową, tj. określanie odchyłek od pewnego nastawianego wymiaru).

Narzędzia pomiarowe podzielono na dwie grupy: **wzorce miar i przyrządy pomiarowe**. Do **wzorców miar** zalicza się wszystkie narzędzia pomiarowe, które bezpośrednio odtwarzają jedną lub wiele znanych wartości danej wielkości, np. przymiary, odważniki, menzury.

W przeciwieństwie do wzorców miar **przyrządy pomiarowe** są wyposażone w przetworniki, które spełniają różne funkcje, np. przetwarzanie jednej wielkości w inną (np. w termometrze) lub powiększanie dokładności odczytania (np. za pomocą noniusza suwmiarki).

2. Przymiar kreskowy

Do pomiarów mniej dokładnych używa się przymiaru kreskowego (rys. nr 8.1) z podziałką milimetrową. Niektóre przymiary mają również podziałkę co pół milimetra. Do pomiaru większych długości używa się przymiaru taśmowego.

Rys. nr 8.1. Przymiar kreskowy

Źródło: rg-narzedzia.com.pl

3. Szczelinomierze

Szczelinomierz (rys. nr 8.2) służy do określania wymiaru szczelin lub luzów między sąsiadującymi powierzchniami. Składa się z kompletu 11, 14 lub 20 płytek, każda o innej grubości, osadzonych obrotowo jednym końcem w oprawie. Szczelinomierz 11-płytkowy składa się z płytek o grubości: 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 i 1 mm. Sposób dokonywania pomiarów jest następujący: jeżeli np. płytka 0,2 łatwo wchodzi w szczelinę i wyczuwa się jeszcze luz, a płytka 0,3 nie wchodzi wcale, to grubość szczeliny przyjmuje się jako wartość średnią.

$$\frac{0{,}2 + 0{,}3}{2} = \frac{0{,}5}{2} = 0{,}25\ mm$$

Szczelinomierze najczęściej są stosowane do regulacji luzu zaworowego silnika spalinowego oraz podczas montażu maszyn do pomiaru luzów między powierzchniami współpracujących ze sobą części maszyn.

Rys. nr 8.2. Szczelinomierz

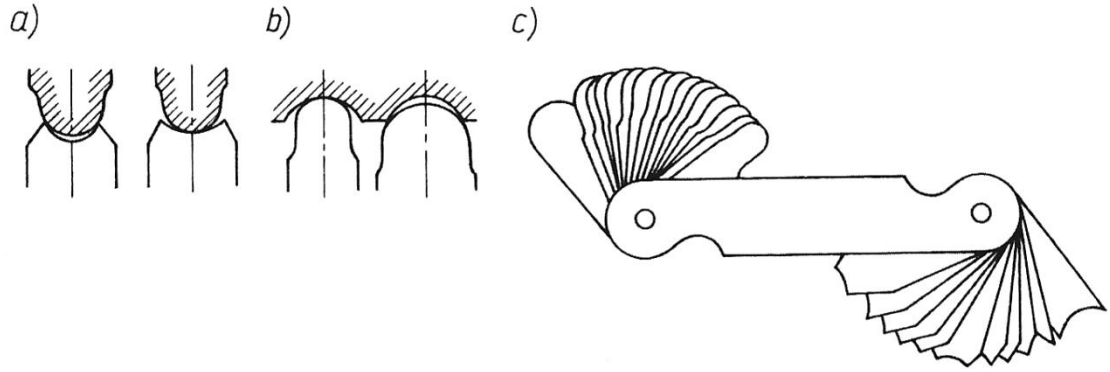
Źródło: www.emotos.pl

4. Promieniomierze

Promieniomierzami (rys. nr 8.3) nazywamy wzorniki do sprawdzania promieni zaokrągleń wypukłych (rys. nr 8.3a) i wklęsłych (rys. nr 8.3b). Zestaw takich wzorników o różnych promieniach zaokrąglenia (rys. nr 8.3c) stanowi komplet promieniomierzy o określonym zakresie pomiarowym. Sprawdzanie zaokrąglenia odbywa się przez przymierzanie kolejnych wzorników, aż do dopasowania takiego, który będzie dokładnie przylegał. Wtedy z tego wzornika odczytujemy uwidoczniony na nim promień zaokrąglenia.

Na rys. nr 8.3a i b przedstawiono przykłady sprawdzania krzywizn za pomocą dwu wzorników granicznych, czyli o najmniejszym i największym promieniu granicznym. W przypadku zaokrąglenia wypukłego (rys. nr 8.3a) zarys można uznać za prawidłowy, jeżeli po przyłożeniu wzornika o najmniejszym dopuszczalnym promieniu daje się zaobserwować szczelinę świetlną w środku zarysu, a w przypadku wzornika o największym promieniu na krańcach sprawdzonego zarysu. W przypadku zaokrąglenia wklęsłego (rys. nr 8.3b) zarys można uznać za prawidłowy, gdy rozkład szczelin świetlnych jest odwrotny.

Rys. nr 8.3. Promieniomierze: a) sprawdzanie promieniomierzem zaokrąglenia wypukłego, b) sprawdzanie zaokrąglenia wklęsłego, c) komplet w oprawce

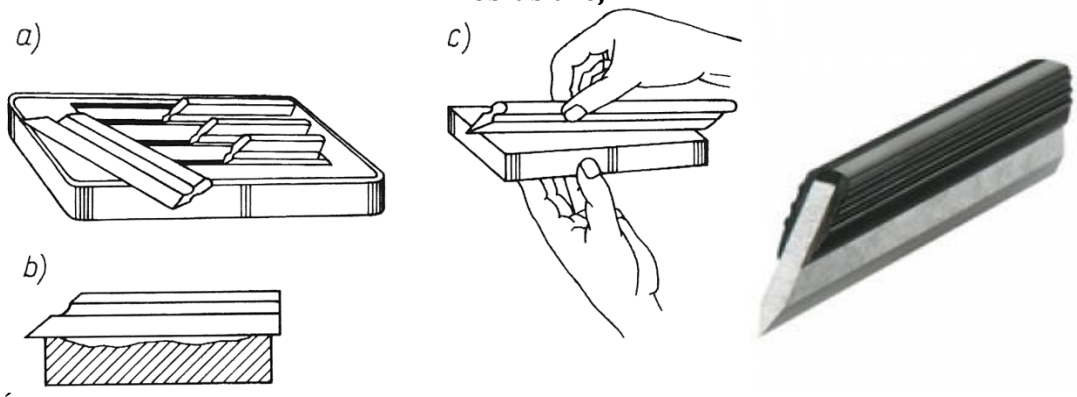


Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

5. Liniał krawędziowy

Liniał krawędziowy służy do sprawdzania płaskości powierzchni. Zestaw liniałów krawędziowych różnej długości tworzy komplet (rys. nr 8.4a). Jedno czoło liniału jest ścięte pod kątem prostym, a drugie pod kątem 45°. Krawędź robocza jest minimalnie zaokrąglona (R = 0,1÷2 mm). Liniał przykłada się do sprawdzanej powierzchni w różnych kierunkach i miejscach, obserwując, czy występuje szczelina świetlna między krawędzią a sprawdzaną powierzchnią (rys. nr 8.4b). Pochylanie liniału (rys. nr 8.4c) ułatwia obserwację szczeliny świetlnej.

Rys. nr 8.4. Komplet liniałów krawędziowych i sposoby sprawdzania płaskości powierzchni obrabianej



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009, www.cnc.info.pl

6. Przyrządy do pomiaru kątów

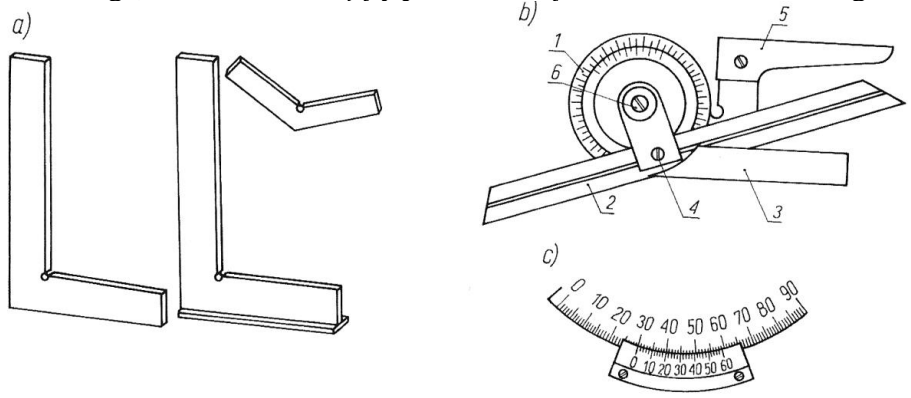
Wszelkie kąty mierzy się za pomocą kątowników stałych lub kątomierzy uniwersalnych (rys. nr 8.5).

Kątomierzem nazywa się przyrząd do pomiarów i odmierzania kątów. Do odmierzania kątów na rysunkach służą kątomierze rysunkowe w postaci półkola lub koła z naniesioną na obrzeżu podziałką kątową. Do pomiarów warsztatowych stosuje się mechaniczne kątomierze kabłąkowe i uniwersalne oraz kątomierze optyczne i z poziomnicą. Błąd odczytu za pomocą kątomierza kabłąkowego nie przekracza ±20', kątomierza uniwersalnego z noniuszem - ±5'.

Kątomierz optyczny umożliwia obserwację podziałki przez lupę znajdującą się w jego obudowie. Dokładność odczytu wynosi ±5'.

Kątomierz z poziomnicą służy do pomiarów kątów pochylenia w stosunku do poziomu. Pomiar takim kątomierzem polega na doprowadzeniu poziomnicy do takiego położenia, aby pęcherzyk powietrza ustawił się na zerze i odczytaniu wskazania noniusza na podziałce kątowej.

Rys. nr 8.5. Kątownik: a) kątowniki stałe, b) kątomierz nastawny, c) skala kątomierza z noniuszem; 1 – podzielnia z podziałką główną, 2 – ramię pomiarowe ruchome, 3 – ramię pomiarowe nieruchome, 4 – zacisk ustalający wysunięcie ramienia ruchomego, 5 – poprzeczka ramienia nieruchomego, 6 – zacisk ustalający położenie kątowe ramienia ruchomego



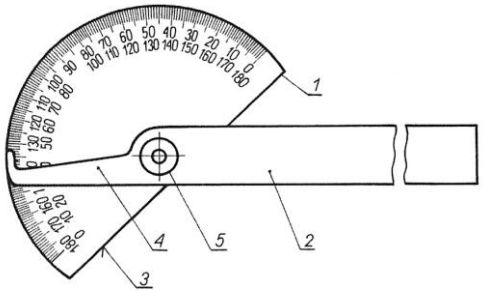
Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

I. Kątomierz zwykły

W pracach warsztatowych najczęściej stosuje się kątomierze zwykłe i uniwersalne. Kątomierz warsztatowy zwykły (mechaniczny), pokazany na rys. nr 8.6, ma wartość działki elementarnej wynoszącą 1°. Chcąc nim dokonać pomiaru, należy:

- zluzować zacisk *5* ramienia ruchomego *2*,
- ustawić ramię *2* i krawędź *3* tak, aby kąt między nimi odpowiadał w przybliżeniu mierzonemu kątowi,
- przystawić kątomierz do mierzonego kąta i poprawiać rozwartość tak długo, aż uzyska się prawidłowe przyleganie krawędzi pomiarowych do powierzchni tworzących kąt mierzony; między ramionami a przedmiotem nie powinno być prześwitu,
- sprawdzić prawidłowość przylegania krawędzi pomiarowych kątomierza do przedmiotu, dokręcić zacisk *5* i po zdjęciu kątomierza odczytać na podziałce kąt wskazany końcówką ramienia *4*.

Rys. nr 8.6. Kątomierz warsztatowy zwykły, 1 – podzielnia, 2 – pomiarowe ramię ruchome, 3 – krawędź pomiarowa podzielni, 4 – ramię wskazówki, 5 – zacisk ramienia ruchomego

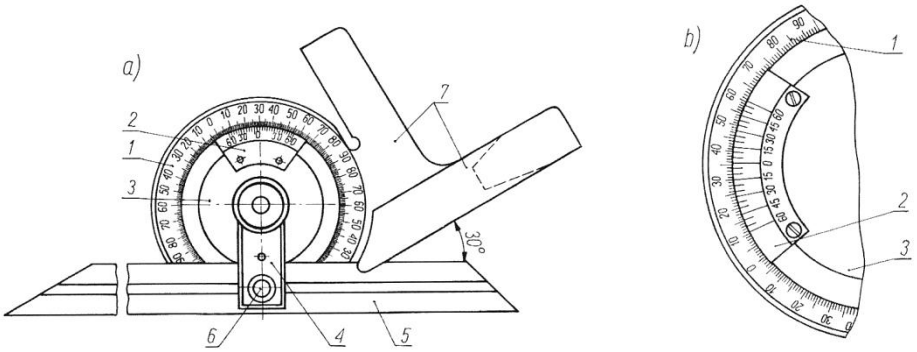


Źródło: Aleksander Górecki: Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

II. Kątomierz uniwersalny

Kątomierz uniwersalny (rys. nr 8.7a) jest wyposażony w dwie współśrodkowo osadzone podzielnie. Większa podzielnia *1* ma podziałkę w stopniach. Noniusz kątowy *2* znajduje się na podzielni mniejszej *3*, która może się obracać wokół osi.

Rys. nr 8.7. Kątomierz uniwersalny: a) przyrząd w całości, b) noniusz



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Z ramieniem *4* jest połączony przesuwnie liniał *5* ze ściętymi końcami. Po zluzowaniu zacisku 6 może on być przesuwany i ustalany tym zaciskiem w dowolnym położeniu. Podzielnia *1* stanowi całość z korpusem *7*; jest ona podzielona na 4 łuki po 90°. Liczbę stopni odczytuje się na podzielni *1*, tzn. na podziałce głównej, licząc w prawo lub w lewo od zerowej kreski noniusza.

Łuk noniusza *2* jest podzielony na 12 działek w obie strony od kreski zerowej (rys. nr 8.7b). Co trzecia działka jest oznaczona liczbami 15, 30, 45, 60, które oznaczają minuty. Gdy zerowa kreska noniusza zostanie ustawiona na wprost zerowej kreski podziałki głównej, wtedy ostatnia kreska noniusza, oznaczona liczbą 60, zejdzie się z 23 kreską podziałki głównej. Oznacza to, że 12 działkom noniusza odpowiada 23°, a jednej działce noniusza $\frac{23}{12}$ = 1°55'. Różnica między dwiema działkami podziałki głównej (tzn. 2°), a jedną działką noniusza wynosi 2° -1°55' = 5'.

W celu określenia zmierzonego kąta na podziałce głównej odczytuje się stopnie, a na podziałce noniusza – minuty.

III. Kątomierz uniwersalny czujnikowy

Do dokładnych pomiarów i odtwarzania kątów jest stosowany kątomierz uniwersalny wyposażony w czujnik. Oprócz tego kątomierz ten ma podstawę do mocowania kątomierza i liniał do pomiaru małych kątów.

7. Sprawdziany, ich podział i zastosowanie

Sprawdzianem nazywa się narzędzie kontrolne do stwierdzenia, czy wymiar, kształt lub działanie sprawdzonego przedmiotu nie wykraczają poza granice przewidzianej tolerancji.

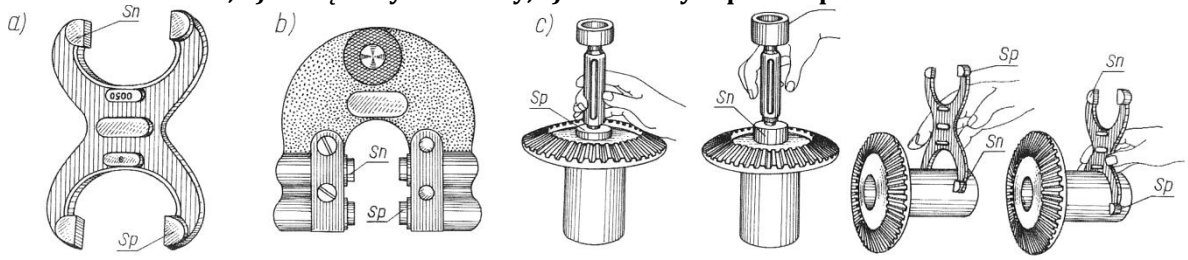
Sprawdzenie kształtu przedmiotu polega na ogół na pomiarze długości krawędzi lub średnic, pomiarze kątów, np. między płaszczyznami, oraz na określeniu chropowatości powierzchni.

Sprawdziany są stosowane w produkcji seryjnej i masowej do sprawdzania dużej liczby elementów o tych samych wymiarach.

Rozróżnia się sprawdziany stałe – przeznaczone do sprawdzania określonego wymiaru, sprawdziany nastawne – nastawiane na żądane wymiary w pewnym zakresie i sprawdziany czujnikowe – zawierające różnego rodzaju czujniki.

Sprawdziany przeznaczone do sprawdzania jednej granicznej wartości wymiaru (największej lub najmniejszej) są nazywane jednogranicznymi, np. tłoczek do sprawdzania najmniejszego wymiaru otworu albo szczęka do sprawdzania największego wymiaru wałka. Sprawdziany dwugraniczne, np. w postaci tłoczków zamocowanych na końcach rękojeści lub dwustronnych szczęk, umożliwiają sprawdzanie, czy wymiar wykonanego przedmiotu znajduje się w przewidzianych dla niego granicach. Każdy sprawdzian dwugraniczny ma stronę przechodnią i nieprzechodnią, np. tłoczek strony przechodniej powinien wchodzić do otworu, a szczęka powinna obejmować przedmiot; natomiast element roboczy strony nieprzechodniej sprawdzianu nie powinien wchodzić w przedmiot lub obejmować go. Sprawdziany dwugraniczne szczękowe przedstawiono na rys. nr 8.8a i b.

Rys. nr 8.8. Sprawdziany dwugraniczne: a) szczękowy stały i sposób sprawdzania nim wymiarów wałka, b) szczękowy nastawny, c) tłoczkowy i sposób sprawdzania nim otworu



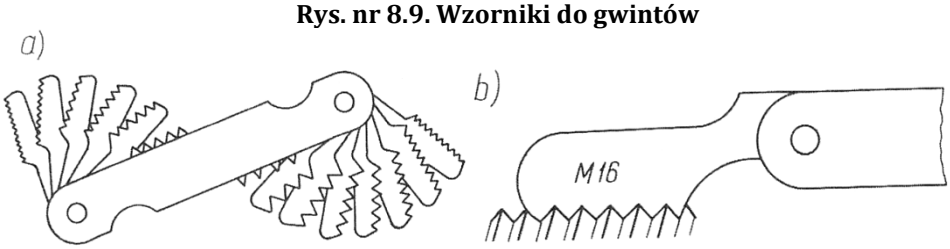
Źródło: Aleksander Górecki: Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Na rys. nr 8.8c pokazano dwugraniczny sprawdzian tłoczkowy. Tłoczek dłuższy powinien wchodzić do otworu pod wpływem własnego ciężaru bez użycia siły. Jest on wykonany wg dolnego wymiaru otworu i oznacza się go *Sp* (strona przechodnia). Tłoczek krótszy na drugim końcu sprawdzianu nie powinien wchodzić do otworu, gdyż jest wykonany wg wymiaru górnego i oznacza się go *Sn* (strona nieprzechodnia).

Sprawdzanie gwintów

Średnicę zewnętrzną gwintu sprawdza się suwmiarką. Prawidłowość zarysu gwintu oraz skok sprawdza się wzornikami (rys. nr 8.9a, b), obserwując pod światło prześwit między wzornikiem a zarysem gwintu. Wzornik służy również do szybkiego rozpoznania gwintów przez przykładanie kolejnych „grzebyków" do gwintu o nieznanym zarysie. Jest to szczególnie przydatne, gdy np. należy wykonać nakrętkę do śruby o nieznanym zarysie gwintu. Na każdym wzorniku jest podane oznaczenie gwintu (rys. nr 8.9b).

Rys. nr 8.9. Wzorniki do gwintów



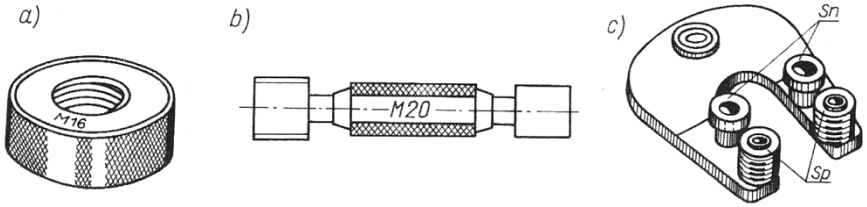
Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Gwinty sprawdza się również sprawdzianami jednogranicznymi (rys. nr 8.10a, b) i dwugranicznymi (rys. nr 8.10c). Sprawdzian jednograniczny do gwintu zewnętrznego jest przedstawiony na rys. nr 8.10a. Sprawdzian jednograniczny do gwintów wewnętrznych (rys. nr 8.10b) ma z jednej strony część walcową do sprawdzania średnicy otworu nakrętki, a z drugiej część nagwintowaną do sprawdzania gwintu. Sprawdzian jednograniczny powinien wkręcać się lekko, bez zbytniego luzu.

Sprawdziany dwugraniczne umożliwiają dokładniejsze sprawdzenie gwintu. Sprawdzian dwugraniczny do gwintów wewnętrznych (rys. nr 8.10c) ma część przechodnią *Sp* oraz część nieprzechodnią S_n. Strona przechodnia powinna wkręcać się łatwo, a nieprzechodnią (o 2÷3 zwojach) powinna tylko chwytać gwint, uniemożliwiając głębsze wkręcenie. Sprawdzian dwugraniczny do gwintów zewnętrznych składa się z dwóch pierścieniowych nakrętek. Nakrętka nieprzechodnią ma nacięty rowek na obwodzie. Ostatnio używa się coraz częściej sprawdzianów dwugranicznych szczękowych do sprawdzania gwintów zewnętrznych.

Do bardzo dokładnych pomiarów gwintu stosuje się mikrometry i średnicówki z wymiennymi końcówkami o zarysie gwintu. Za pomocą mikrometrów i średnicówek można dokładnie zmierzyć średnicę podziałową i zewnętrzną gwintu.

Rys. nr 8.10. Sprawdziany do gwintów: a) jednograniczne, b) dwugraniczny



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

8. Płytki wzorcowe

Płytka wzorcowa (płytka Johanssona) stanowi wzorzec długości wykonany w postaci prostokątnej stalowej płytki, w której odległość dwóch płaskich równoległych powierzchni odtwarza określoną długość; wartość tej długości jest oznaczona na płytkach wzorcowych. Płytki wykonuje się ze stali odpornej na ścieranie i korozję. Płytki wzorcowe można składać w stosy o dowolnych wymiarach. Ich dokładność dochodzi do dziesiątych części mikrometra, dzięki czemu błąd wymiaru złożonego z kilku płytek wzorcowych może być na ogół pominięty. Przyjęto **cztery klasy dokładności płytek wzorcowych** oznaczone wg malejącej dokładności symbolami cyfrowymi: **00; 0; 1; 2** oraz dodatkowo – klasę **K** dla płytek wzorcowych przeznaczonych do stosowania w pomiarach porównawczych.

Rozróżnia się następujące komplety płytek wzorcowych: **mały 47** płytek, **średni 76** płytek, **duży 103** płytki, **duży rozszerzony 112** płytek oraz różne **komplety uzupełniające.** Wymiary nominalne płytek wzorcowych są stopniowane co 0,001, 0,01, 0,1, 0,5, 1, 10, 25, 50 i 100 mm, zależnie od wymiaru. Płytki wzorcowe z najdokładniejszego kompletu nazywają się **płytkami wzorcowymi podstawowymi**. Każda płytka w komplecie ma inny wymiar nominalny, dzięki czemu wykorzystując jeden komplet można składać stosy różnej wysokości. Co określony czas, zgodnie z harmonogramem, użytkowane płytki powinny być sprawdzane przez specjalistyczne laboratorium badawcze.

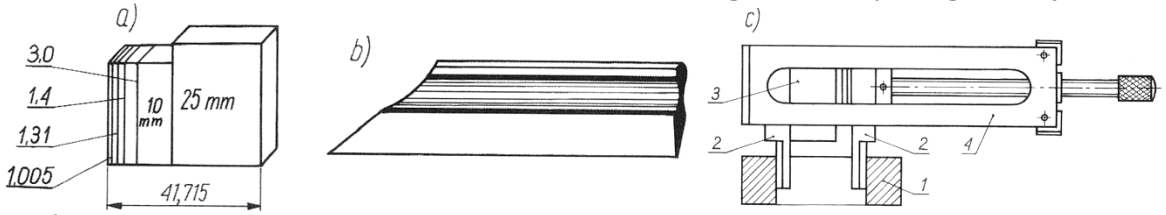
Pomiary

W celu dokonania pomiaru przedmiotu płytki wzorcowe składa się w stos o odpowiednich wymiarach (rys. nr 8.11a), a następnie stos ten, ustawiony na płaskiej płycie,

porównuje się za pomocą liniału krawędziowego (rys. nr 8.11b) lub czujnika z mierzonym przedmiotem. Jeżeli szczelina świetlna utworzy się między liniałem a powierzchnią stosu, oznacza to, że stos płytek jest niższy od mierzonego przedmiotu; wówczas zastępuje się jedną z płytek stosu płytką większą. Gdy szczelina świetlna utworzy się między liniałem a przedmiotem, oznacza to, że stos jest wyższy; w tym przypadku jedną z płytek zastępuje się mniejszą płytką (rys. nr 8.11 a, b).

Do pomiaru otworów za pomocą płytek wzorcowych używa się specjalnych uchwytów, wyposażonych w szczęki (rys. nr 8.11c). Uchwyt *4* ma szczęki *2* w kształcie połowy walca o średnicy wykonanej z taką samą dokładnością jak płytki wzorcowe, ponieważ tworzą część stosu pomiarowego. Pomiaru średnicy otworu przedmiotu *1* dokonuje się wymieniając kolejno płytki *3* aż do uzyskania stosu, który umożliwi wprowadzenie szczęk do otworu.

Rys. nr 8.11. Sprawdziany do gwintów: a) jednograniczne, b) dwugraniczny



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

9. Czujniki

Wiadomości ogólne

Czujnik to przyrząd pomiarowy, w którym niewielka zmiana wielkości mierzonej powoduje zmianę wskazania w takim stopniu powiększoną, aby ją można było łatwo zaobserwować i określić jej wartość. Czujnik jest stosowany do pomiaru małych odchyleń wielkości mierzonych od wzorca odniesienia lub do wyznaczania błędów kształtu i położenia przedmiotów (np. do sprawdzania dokładności obrabiarek).

Przekładnia czujnika, stanowiąca urządzenie zwiększające jego wskazanie w stosunku do wymiaru mierzonego, może być układem mechanicznym (mechanizmem dźwigniowym, zębatym, dźwigniowo-śrubowym itp.), optycznym, interferencyjnym, elektrycznym, pneumatycznym, hydraulicznym itp.; może być też złożona z dwóch lub więcej takich układów.

Do najczęściej stosowanych czujników należą: zegarowe, dźwigniowe (mini- metry), dźwigniowo-zębate i optyczne (optimetry). Przełożenie czujnika wynosi od 100 (w czujnikach dźwigniowych) do 100 000 (w czujnikach elektrycznych i pneumatycznych).

Czujniki zegarowe

Czujniki zegarowe znalazły szerokie zastosowanie w pracach warsztatowych, zwłaszcza przy odbiorze i kontroli maszyn. Służą do sprawdzania kształtu geometrycznego elementu, prawidłowości wzajemnego położenia elementu w zespole, prawidłowości zamocowania obrabianej części w maszynie, „bicia" wału korbowego w silniku lub tarczy koła w samochodzie itp.

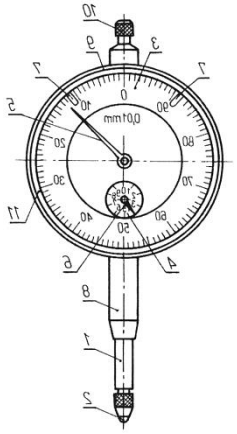
Czujnik zegarowy (rys. nr 8.11) składa się z obudowy *11*, tarczy z podziałką *3*, wskazówki *5*, końcówki trzpienia pomiarowego *2*, wskaźników tolerancji *7* ustawionych na odchyłki dolną i górną, trzpienia pomiarowego *1*. Na tarczy z podziałką, którą można obracać i ustawiać w dowolnym położeniu, znajduje się licznik przesunięć trzpienia w milimetrach, wyposażony we wskazówkę *6* i podziałkę *4*.

Obwód tarczy 3 czujnika jest podzielony na 100 równych części, z których każda odpowiada przesunięciu się końcówki pomiarowej o 0,01 mm. Na przykład jeżeli wska-

zówka *5* obróci się o 25 działek tarczy, oznacza to, że końcówka pomiarowa przesunęła się o 0,25 mm, ponieważ 0,01 x 25 = 0,25 mm.

Czujniki zegarowe umieszcza się zwykle na statywie. Wartość działki elementarnej wynosi najczęściej 0,01 mm, a zakres pomiarowy 0÷10 mm.

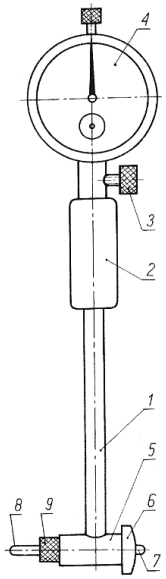
Rys. nr 8.12. Czujnik zegarowy, l - trzpień pomiarowy, 2 - końcówka trzpienia, 3 - tarcza z podziałką, 4 - podział- ka pomocnicza, 5 - wskazówka duża, 6 - wskazówka mała, 7 - ustawne wskaźniki tolerancji, 8 - tuleja trzpienia, 9 - pierścień do nastawiania tarczy, 10 - końcówka chwytowa do unoszenia i opuszczania trzpienia pomiarowego, 11 – obudowa



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Średnicówka czujnikowa (rys. nr 8.13) umożliwia wykorzystanie czujnika zegarowego do pomiaru wymiarów wewnętrznych. Jest używana do dokładnego pomiaru średnic głębokich otworów i wyznaczania ich błędów kształtu. Średnicówki czujnikowe są wykonywane w kompletach z wymiennymi końcówkami pomiarowymi, umożliwiającymi pomiar średnic w zakresach 6-10, 10-18, 18-35, 35-50, 50-100, 100-160, 160-250 mm, a niekiedy i większych.

Rys. nr 8.13. Średnicówka czujnikowa, 1 – trzonek, 2 – rękojeść, 3 – śruba zaciskowa czujnika, 4 – czujnik zegarowy, 5 – osłona mechanizmu przekaźnikowego, 6 – poprzeczka środkująca, 7 – przesuwna końcówka pomiarowa, 8 – wymienna końcówka, 9 – nakrętka mocująca końcówkę 8



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

10. Mikroskop warsztatowy

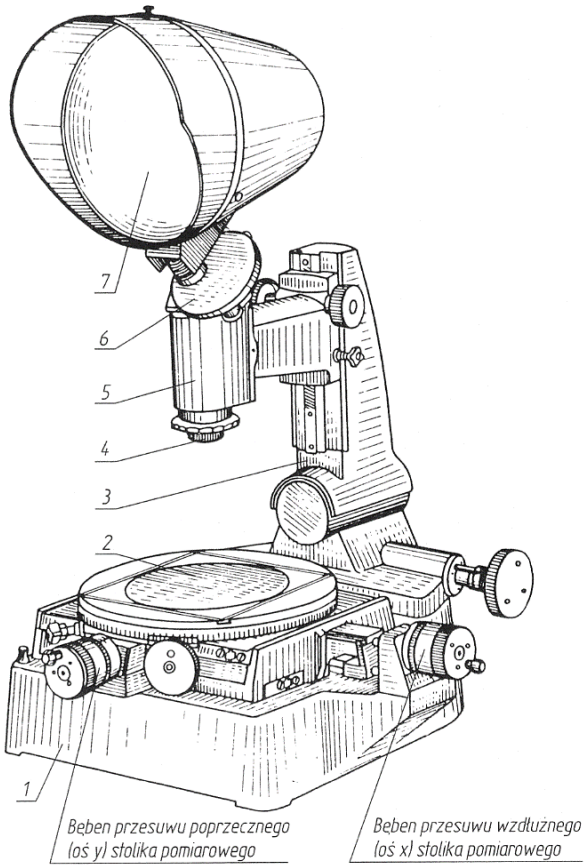
Mikroskopem nazywa się przyrząd optyczny umożliwiający otrzymywanie silnie powiększonych (10÷2000 razy) obrazów małych przedmiotów i ich szczegółów, nierozróżnianych gołym okiem (mniejszych od około 0,08 mm).

Mikroskop składa się z trzech zasadniczych układów: 1) układu oświetlającego, służącego do oświetlenia badanego obiektu światłem sztucznym lub naturalnym, zawierającego zwierciadełko i kondensor, 2) układu optycznego, składającego się z obiektywu i okularu, zamocowanych w tubie, 3) statywu z układem mechanicznym umożliwiającym wzajemne przesuwanie przedmiotu, obiektywu i okularu (przesuwany stolik przedmiotowy, rozsuwany tubus, śruby regulacyjne).

Mikroskop warsztatowy to przyrząd optyczny do bezdotykowych pomiarów długości i kątów. Mikroskopy warsztatowe są przeznaczone dla działów produkcyjnych, laboratoriów i izb pomiarowych; służą do bardzo dokładnych pomiarów. Mikroskopy te są wykonywane w dwóch odmianach: jako małe (bez stolika obrotowego) o zakresie pomiarowym 25x75 mm, oraz jako duże (ze stolikiem obrotowym) o zakresie pomiarowym 50x150 mm. Średnia dokładność odczytu długości mikroskopem warsztatowym wynosi 5÷10 mikrometrów.

W dużym mikroskopie warsztatowym (rys. nr 8.14) przesuwy stołu (zarówno wzdłużny, jak i poprzeczny) są możliwe do uzyskania za pomocą śrub mikrometrycznych i wynoszą 25 mm. Jeśli mierzony przedmiot jest dłuższy, to zwiększamy zakres pomiarowy mikroskopu za pomocą płytek wzorcowych długości. Wskazania pomiarowe odczytuje się na bębnach mikrometrycznych.

Rys. nr 8.14. Mikroskop warsztatowy duży, 1 – podstawa, 2 – stolik pomiarowy, 3 – kolumna przechylna, 4 – obiektyw, 5 – mikroskop nastawny, 6 – głowica mikrometryczna, 7 – ekran projekcyjny



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Do pomiaru kątów służy głowica kątowa *6* (goniometryczna). Przedmioty obrotowe (wałki) mocuje się na stoliku *2* mikroskopu za pomocą specjalnych kłów lub ustawia je na pryzmach.

Mikroskop warsztatowy jest często stosowany do pomiaru wymiarów liniowych (długości) i kątowych małych, cienkich przedmiotów oraz do pomiarów specjalnych, np. skoku czy kąta zarysu gwintu, wymiarów zębów kół zębatych, a także do pomiaru promieni luków. W tym ostatnim przypadku stosuje się specjalną okularową głowicę rewolwerową (montowaną w miejsce głowicy goniometrycznej) z wzorcowymi zarysami łuków. Inną głowicę rewolwerową (z nominalnymi zarysami gwintów) można stosować do określania poprawności wykonania gwintów.

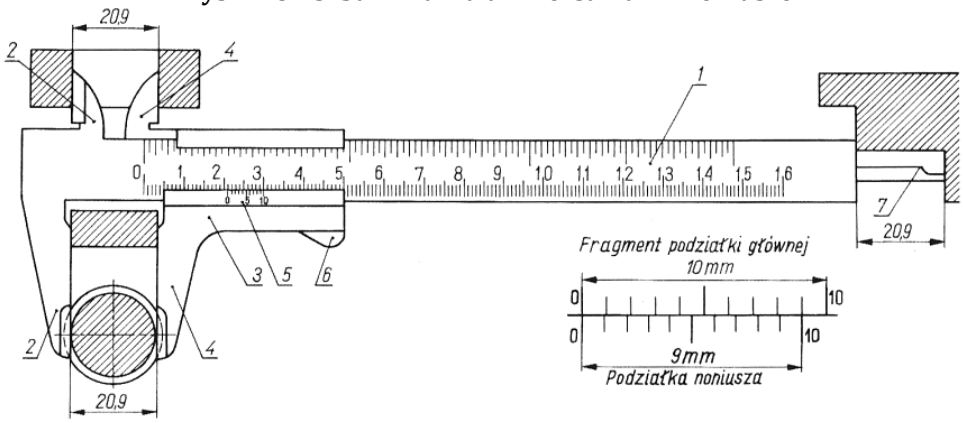
Mikroskop warsztatowy może być także wyposażony w urządzenie projekcyjne - ekran *7*, służący do bezpośredniej obserwacji mierzonej części.

11. Suwmiarki, wysokościomierze i mikrometry

Suwmiarki

Suwmiarką nazywa się przyrząd pomiarowy do pomiaru wymiarów zewnętrznych (dolne szczęki) i wewnętrznych (górne szczęki), a gdy ma wysuwkę głębokościomierza - również do pomiaru głębokości. Rozróżnia się suwmiarki z noniuszem (rys. nr 8.15), z czujnikiem z podziałką kreskową (rys. nr 16) i z odczytem cyfrowym. Suwmiarką można dokonać pomiaru zwykle z dokładnością odczytu 0,1 mm.

Rys. nr 8.15. Suwmiarka uniwersalna – z noniuszem



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

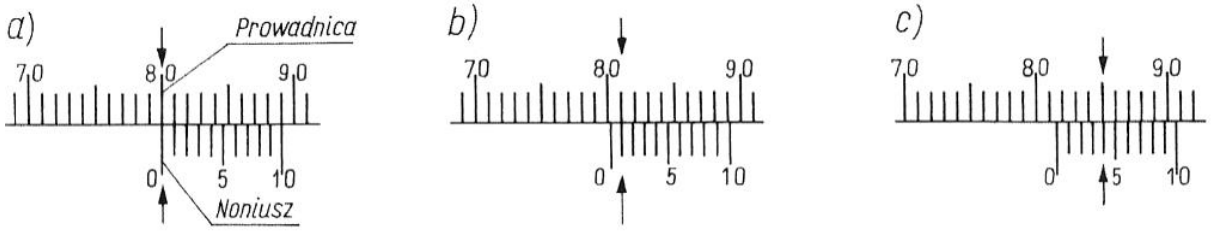
Suwmiarka uniwersalna (rys. nr 8.15) – jej podstawową częścią jest prowadnica stalowa *1* z podziałką milimetrową, zakończona dwiema szczękami nieruchomymi *2*. Po prowadnicy przesuwa się suwak *3*, mający dwie szczęki przesuwne *4* (dolną dłuższą i górną krótszą), odpowiadające szczękom stałym 2. Na suwaku znajduje się specjalna podziałka długości 9 mm, zwana noniuszem *5*, składająca się z 10 równych części; działka noniusza ma długość 9/10, tj. 0,9 mm. Suwak jest wyposażony w dźwignię zacisku *6*, za pomocą której ustala się położenie suwaka. Suwmiarka ma wysuwkę głębokościomierza *7* do pomiaru głębokości.

Pomiaru suwmiarką dokonuje się następująco: suwak odsuwa się w prawo i między rozsunięte szczęki wkłada mierzony przedmiot; następnie dosuwa się suwak do zetknięcia płaszczyzn stykowych szczęk z krawędzią przedmiotu. Teraz odczytuje się, ile całych działek prowadnicy (milimetrów) odcina zerowa kreska noniusza, co odpowiada mierzonemu wymiarowi w milimetrach. Następnie należy odczytać, która kreska noniu-

sza znajduje się na przedłużeniu kreski podziałki prowadnicy (kreska noniusza wskazuje dziesiąte części milimetra).

Na rys. nr 8.16 podano sposoby odczytywania wymiarów z użyciem noniusza. Pomiary zostały wykonane z dokładnością odczytu 0,1 mm.

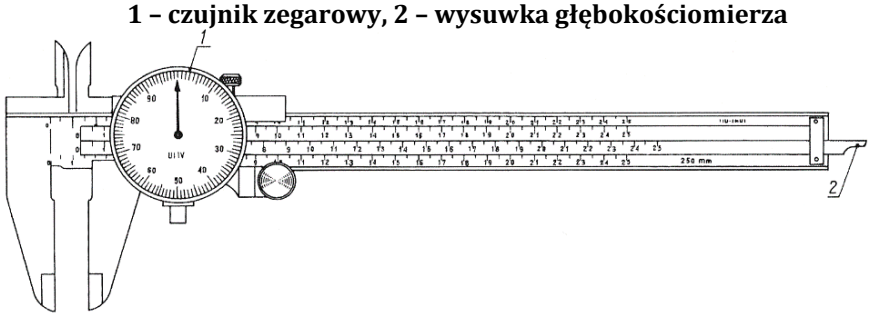
Rys. nr 8.16. Przykłady położenia podziałki noniusza suwmiarki podczas pomiaru: a) wymiar 80,0 mm, b) wymiar 80,1 mm, c) wymiar 81,4 mm



Źródło: Aleksander Górecki: Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Oprócz suwmiarek o dokładności pomiaru 0,1 mm niekiedy używa się suwmiarek o dokładności 0,05 mm i 0,02 mm (wówczas działka noniusza ma długość odpowiednio 19/20 oraz 49/50 mm). Na rys. nr 8.17 pokazano suwmiarkę dwustronną z głębokościomierzem i czujnikiem, przeznaczoną do pomiarów zewnętrznych, wewnętrznych i mieszanych. Zakres pomiarowy tej suwmiarki wynosi 250 mm.

Rys. nr 8.17. Suwmiarka dwustronna z głębokościomierzem – z odczytem za pomocą czujnika 1 – czujnik zegarowy, 2 – wysuwka głębokościomierza

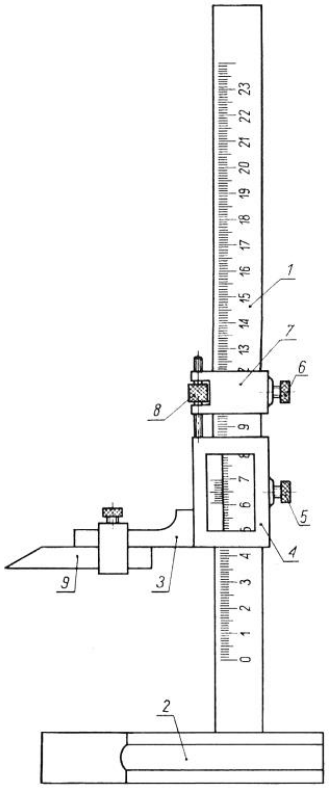


Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Wysokościomierz suwmiarkowy

Do pomiaru wysokości przedmiotów lub wzajemnych odległości punktów albo powierzchni przedmiotu służy wysokościomierz suwmiarkowy (rys. nr 8.18). Zasada jego działania jest taka sama, jak suwmiarki. Jest on wyposażony w śruby zaciskowe *5* i *6*, służące do ustalenia położenia suwaka. Wysokościomierz ten może być zastosowany do nanoszenia rys traserskich na powierzchni przedmiotu, po uprzednim założeniu na przesuwne ramię rysika, zamiast końcówki pomiarowej *9*.

Rys. nr 8.18. Wysokościomierz suwmiarkowy
1 – prowadnica z podziałką główną, 2 – podstawa, 3 – ramię przesuwne, 4 – suwak z podziałką noniusza, 5,6 – śruby zaciskowe, 7 – suwak dodatkowy, 8 – nakrętka śruby nastawczej, 9 – końcówka pomiarowa



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

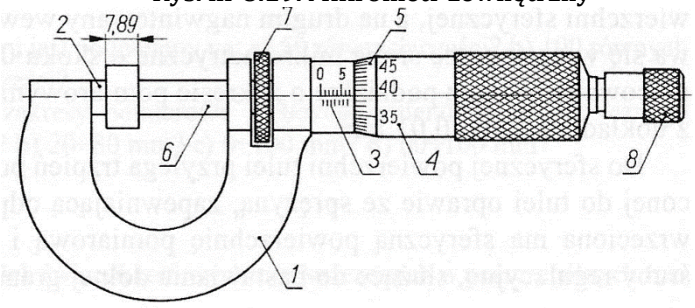
Mikrometry

Mikrometr zewnętrzny (rys. nr 8.19) jest przeznaczony do pomiaru długości, grubości i średnicy z dokładnością 0,01 mm. Jeden koniec kabłąka *1* jest zakończony kowadełkiem *2*, a drugi nieruchomą tuleją z podziałką wzdłużną *3* i obrotowym bębnem *4* z podziałką poprzeczną *5*. Poza tym mikrometr jest wyposażony we wrzeciono *6*, zacisk ustalający *7* i pokrętło sprzęgła ciernego *8*. Wrzeciono ma nacięty gwint o skoku 0,5 mm i jest wkręcone w nakrętkę, zamocowaną wewnątrz nieruchomej tulei z podziałką wzdłużną. Obracając bęben, można dowolnie wysuwać lub cofać wrzeciono. Aby dokonać właściwego pomiaru i uniknąć uszkodzenia gwintu przez zbyt mocne dociśnięcie czoła wrzeciona do powierzchni mierzonego przedmiotu, mikrometr jest wyposażony w sprzęgło cierne z pokrętłem. Obracając pokrętłem sprzęgła ciernego, obracamy wrzeciono do chwili zetknięcia go z mierzonym przedmiotem lub kowadełkiem, przy dalszym pokręcaniu sprzęgło ślizga się i nie przesuwa wrzeciona. Położenie wrzeciona ustala się za pomocą zacisku. Nieruchoma tuleja z podziałką jest wyposażona w kreskę wskaźnikową wzdłużną, nad którą jest naniesiona podziałka milimetrowa. Pod kreską wskaźnikową są naniesione kreski, które dzielą na połowy podziałkę milimetrową (górną). Podziałka obrotowa poprzeczna 5 dzieli obwód bębna na 50 równych części.

Skok śruby mikrometrycznej (gwintu wrzeciona) wynosi 0,5 mm. Pełny obrót bębna powoduje zatem przesunięcie wrzeciona o 0,5 mm. Obrócenie bębna o 1 działkę podziałki poprzecznej powoduje przesunięcie się wrzeciona o

$$\frac{\text{skok śruby}}{50} = \frac{0{,}5}{50} = 0{,}01\ mm$$

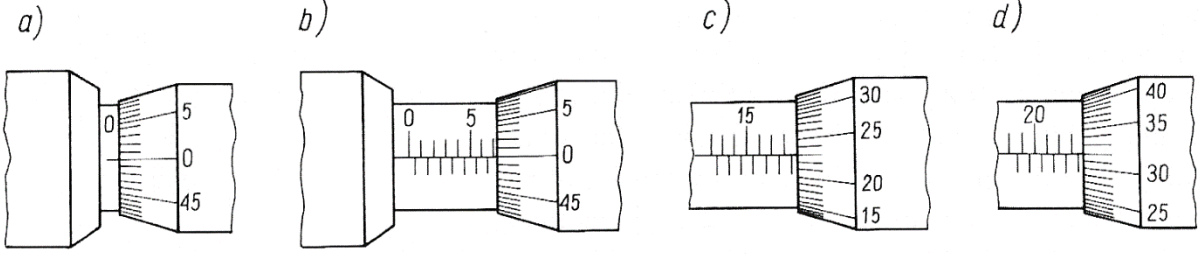
Rys. nr 8.19. Mikrometr zewnętrzny



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Wartość mierzonego wymiaru określa się, odczytując najpierw na podziałce wzdłużnej liczbę pełnych milimetrów i połówek milimetrów odsłoniętych przez brzeg bębna. Następnie odczytuje się setne części milimetra na podziałce bębna, patrząc, która działka na obwodzie bębna odpowiada wzdłużnej kresce wskaźnikowej tulei. Przykłady położenia bębna w czasie pomiaru pokazano na rys. nr 8.20. Na rys. nr 8.20a przedstawiono położenie tulei i bębna w czasie zetknięcia się wrzeciona z kowadełkiem (odczyt – 0,00). Na rys. nr 8.20b pokazano odczytanie wymiaru 7,50 mm, na rys. rys. nr 8.20c – 18,73 mm, a na rys. nr 8.20d – 23,82 mm.

Rys. nr 8.20. Przykład położenia podziałki bębna mikrometru w czasie pomiaru



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

Mikrometry są wykonywane w różnych wielkościach, o zakresach pomiarowych 0÷25 mm, 25÷50 mm, 50÷75 mm i dalej co 25 mm do 1000 mm. Duże mikrometry wykonuje się z czterema wymiennymi kowadełkami o długościach stopniowanych co 25 mm, dzięki czemu jeden mikrometr pokrywa zakres pomiarowy 100 mm (np. od 200 do 300 mm). Rozróżnia się trzy klasy dokładności mikrometrów: 0, I i II. Dopuszczalne błędy pomiarów, w zależności od klasy dokładności mikrometru i zakresu pomiarowego, wynoszą ±2÷ ±40 μm.

Mikrometr wewnętrzny jest stosowany do pomiaru średnic otworów, wgłębień i szerokości rowków. Odczytywanie wyników i sposób pomiaru są identyczne jak w mikrometrze zewnętrznym. Mikrometry wewnętrzne są budowane o zakresach pomiarowych: 5÷30 mm i 30÷55 mm.

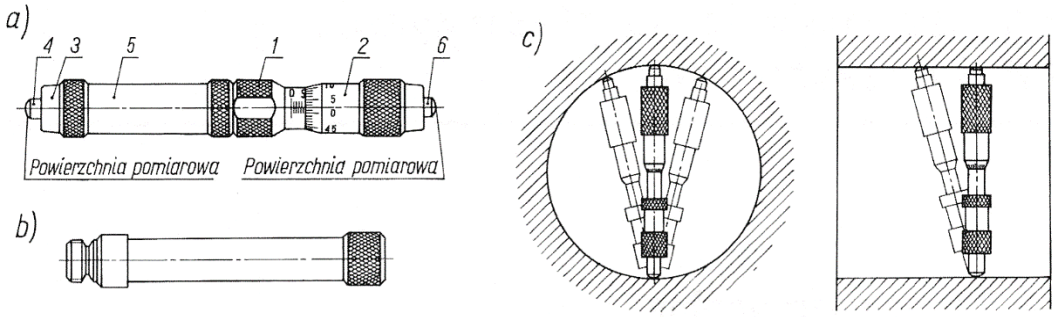
Średnicówka mikrometryczna

Średnicówka służy do wyznaczania wymiarów otworów, głównie średnic, w zakresie 75÷575 mm. Średnicówka mikrometryczna (rys. nr 8.21) jest zbudowana z tulei *1*, wrzeciona 6 ze śrubą mikrometryczna, bębna *2*, końcówki stałej *3* z trzpieniem pomiarowym *4* i przedłużacza *5*. Na tulei znajduje się kreska wzdłużna i podziałka o zakresie pomiarowym 13 mm. Na jednym końcu tulei znajduje się końcówka o powierzchni sferycznej, a na

drugim nagwintowany wewnątrz otwór, w którym przesuwa się wrzeciono ze śrubą mikrometryczna o skoku 0,5 mm. Na wrzecionie jest zamocowany bęben z podziałka o zakresie pomiarowym 0,5 mm, co umożliwia odczyt z dokładnością do 0,01 mm.

Do sferycznej powierzchni tulei przylega trzpień pomiarowy osadzony w przykręconej do tulei oprawie ze sprężyną, zapewniającą odpowiedni docisk. Jeden koniec wrzeciona ma sferyczną powierzchnię pomiarową i zabezpieczone nakrętką dwie śruby regulacyjne, służące do nastawiania dolnej granicy zakresu pomiarowego.

Rys. nr 8.21. Średnicówka mikrometryczna: a) widok, b) przedłużacz, c) prawidłowe (linie grube) położenie średnicówki w otworze



Źródło: Aleksander Górecki: *Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej.* Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009

W celu zwiększenia zakresu pomiarowego między tuleję a końcówkę stalą wkręca się odpowiedni przedłużacz lub ich zestaw. W skład kompletu wchodzą przedłużacze długości 13, 25, 50, 100 i 200 mm. Zakres pomiarowy średnicówki bez przedłużacza wynosi 75÷88 mm, a ze wszystkimi przedłużaczami 75÷575 mm.

Głębokościomierz mikrometryczny

Głębokościomierz służy do pomiarów głębokości otworów nieprzelotowych, zagłębień lub uskoków. Elementem pomiarowym jest śruba mikrometryczna, umożliwiająca dokonywanie pomiarów z dokładnością odczytu 0,01 mm.

Głębokościomierze mikrometryczne mogą być z przedłużaczami wymiennymi lub bez przedłużaczy. Najczęściej stosowane zakresy pomiarowe wynoszą 0÷100 mm, a wartość działki elementarnej, podobnie jak w mikrometrze, wynosi 0,01 mm.

Bibliografia:

1. Aleksander Górecki: Technologia ogólna, podstawy technologii mechanicznej. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009.
2. Józef Zawora: Podstawy technologii maszyn. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2012.
3. Praca zbiorowa: Maszynoznawstwo. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2011.
4. Grzelak Krzysztof, Telega Janusz, Torzewski Janusz.: Podstawy konstrukcji maszyn. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2013.
5. Andrzej Rutkowski: Części maszyn. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009.
6. Bogusław Kozak: Mechanika techniczna. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2004.
7. Rutkowski Andrzej, Stępniewska Anna: Zbiór zadań z części maszyn. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa 2009.
8. Poradnik mechanika tom I, II. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne Warszawa 1994.
9. Poradnik mechanika: Wydawnictwo Rea Warszawa 2008.