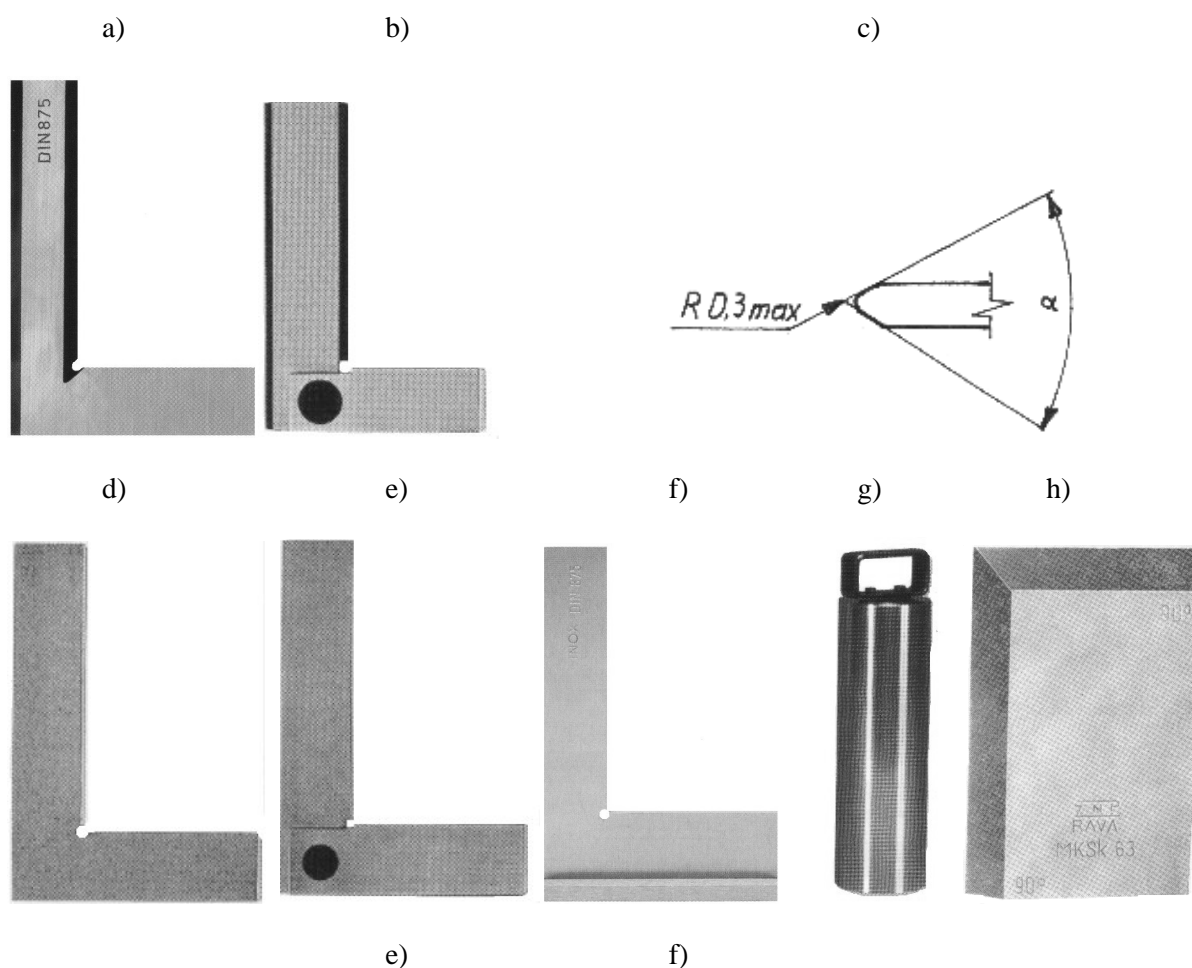


## VIe. Narzędzia do pomiaru kątów

### 1. Kątowniki

Najczęściej spotykanym kątem w budowie maszyn jest kąt prosty –  $90^\circ$ , czyli prostopadłość. Innym ważnym kątem jest  $180^\circ$ , czyli prosta. Do określania tego kąta służą wcześniej omówione liniały. Podstawowym narzędziem pomiarowym do oceny prostopadłości, w metrologii warsztatowej jest kątownik. Norma PN-86/M-53160 „Narzędzia pomiarowe. Kątowniki  $90^\circ$  stalowe” wyróżnia następujące rodzaje kątowników: powierzchniowe płaskie MKSa, powierzchniowe z grubym ramieniem MKSb, powierzchniowe ze stopą MKSc, krawędziowe płaskie MKSg, krawędziowe z grubym ramieniem MKSh, krawędziowe pełne MKSk, walcowe MKSm.



Rys. 1. Kątowniki  $90^\circ$  stalowe:

- a) krawędziowy płaski, b) krawędziowy z grubym ramieniem, c) wymiary krawędzi roboczej kątownika krawędziowego, d) powierzchniowy płaski, e) powierzchniowy z grubym ramieniem, f) powierzchniowy ze stopą, g) walcowy, h) kątownik krawędziowy pełny

W każdym kątowniku ramiennym wyróżnić można kąt prosty zewnętrzny i wewnętrzny oraz powierzchnie boczne. Nie dotyczy to oczywiście kątownika walcowego i krawędziowego pełnego, które są wykonane z pełnego materiału i kąta wewnętrznego nie mają, a dodatkowo w walcowym powierzchnia boczna jest jednocześnie roboczą. Materiałem na kątowniki jest stal narzędziowa lub odporna na korozję i wtedy są obrabiane cieplnie do 48 – 57 HRC, albo konstrukcyjna wyższej jakości nieobrobiona cieplnie. Kątowniki, a szczególnie krawędziowe narażone są na uszkodzenia i dlatego wskazanym jest zamawiać je w wersji zahartowanej. Niedopuszczalne jest namagnesowanie kątownika. Natomiast niewielkie uszkodzenia powierzchni roboczej mogą być usuwane przez ich wypłówanie, tak, aby nie pozostała wypływka materiału. W/w norma w punkcie 3.2.1. mówi „Na obrzeżu o szerokości 0,5 mm dopuszcza się przekroczenie wartości tolerancji płaskości w głąb materiału.” Oczywiście, w tej sytuacji lokalnie kątownik traci swoje własności pomiarowe. Kątowniki wykonywane są w następujących klasach dokładności; 00, 0, 1 i 2. Ze względu na dużą dokładność ich wykonania w praktyce warsztatowej wystarczy klasa 1 a do prac traserskich 2. Wielkość kątownika określa długość dłuższego ramienia. Najmniejsza wielkość to 50 mm, a największa dotyczy kątowników powierzchniowych i wynosi 1500 mm. Kątowniki krawędziowe mogą mieć wielkość 300 mm, a walcowe od 150 do 630 mm.

Tabela 1. Dokładność kąta 90° kątowników ramiennych

Wielkość kątownika	Tolerancje $T_v$ [ $\mu\text{m}$ ] Klasa dokładności			
	00	0	1	2
50	2	5	10	20
100	3	6	16	30
150	4	8	20	40
200	4	8	20	40
250	5	10	25	50
300	5	10	25	50
400	6	12	30	60
500	–	–	30	60
750	–	–	50	100
1000	–	–	60	120
1600	–	–	80	160

Tolerancja  $T_v$  prostopadłości powierzchni roboczych dłuższego ramienia lub krawędzi roboczych względem powierzchni roboczych, z którymi tworzą kąty proste zewnętrzne i wewnętrzne dla niektórych kątowników podane są w tabeli 1. Podane tolerancje oznaczają odchylenie w [ $\mu\text{m}$ ] kąta  $90^\circ$  na długości dłuższego ramienia. Do oceny odchyłki od prostopadłości lepsze są kątowniki krawędziowe, gdyż lepiej można określić wielkość szczeliny świetlnej między powierzchnią pomiarową a mierzoną. Kątowniki powierzchniowe lepiej nadają się do trasowania, bo są odporniejsze na zużycie i uszkodzenie. Natomiast kątowniki walcowe tzw. szklanki, wykonywane są tylko w wysokich klasach dokładności i służą zasadniczo do sprawdzania kątowników użytkowych lub do bardzo dokładnych pomiarów, podobnie jak i kątowniki krawędziowe pełne. Stosowanie na warsztacie utrudnia też ich duży ciężar, np. kątownik walcowy o wielkości 160 x 80 waży 6,4 kG a 315 x 160 – 19,15 kG. Tolerancje  $T_v$  prostopadłości tworzących powierzchni roboczej walcowej względem powierzchni roboczych płaskich – tab. 2.

Tabela 2. Dokładność kąta  $90^\circ$  kątowników walcowych

Wielkość kątownika	Tolerancje $T_v$ [ $\mu\text{m}$ ] Klasa dokładności	
	00	0
150	2	3
200	2	3
250	3	5
300	3	5
400	3	5
500	4	6
630	4	6

### 1.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne kątowników ramiennych

Pełne sprawdzanie metrologiczne należy dokonywać okresowo wg instrukcji ujętej w Dzienniku Urzędowym Miar i Probiernictwa nr 27/95 poz. 153. i obejmującej:

- oględziny,
- sprawdzanie wykonania,
- sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych i prostoliniowości krawędzi pomiarowych,
- sprawdzanie odchylenia od równoległości przeciwległych powierzchni pomiarowych krótszego ramienia kątownika,

- sprawdzanie odchylenia od prostokątności powierzchni lub krawędzi pomiarowych kątownika tworzących kąty zewnętrzne,
- sprawdzanie odchylenia od prostokątności powierzchni lub krawędzi pomiarowych kątownika tworzących kąty proste wewnętrzne,
- sprawdzanie prostokątności powierzchni bocznych dłuższego ramienia względem zewnętrznej powierzchni pomiarowej krótszego ramienia.

Uzyskane wyniki należy odnieść do wymagań Dz.U.M.i P. nr 27/95 i normy PN-86/M-53160. Sprawdzenia te wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz umiejętności i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

## 1.2. Sprawdzanie metrologiczne kątownika ramiennego sposobem warsztatowym

Wszelkie uszkodzenia mechaniczne (zadziory, wgnioty itp.) powodujące wypływ materiału na zewnątrz dyskwalifikują kątownik. Natomiast wgłębienia nie wpływają, w sposób istotny na jego cechy metrologiczne. Z tego też względu, zgodnie z w/w zapisem w normie PN-86/M-53160 nieduże uszkodzenia kątownika można usuwać przez wypielowanie.

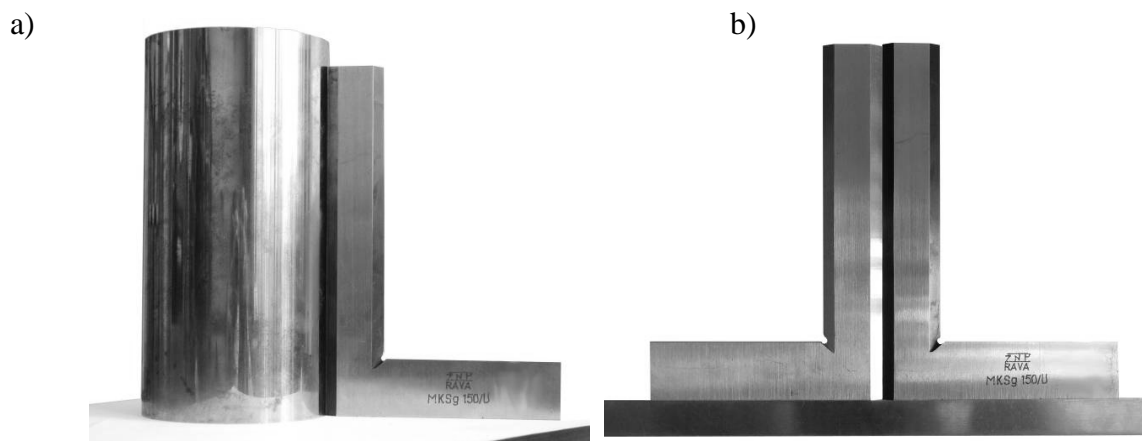
Podstawową czynnością jest sprawdzenie kąta prostego wewnętrznego jak i zewnętrznego kątownika.

Do sprawdzania kąta wewnętrznego najbardziej wskazany jest kątownik walcowy, do którego przykładamy kątownik badany wg rys. 2. Brak szczeliny świetlnej, lub jej wielkość dopuszczalna wskazuje, że kątownik jest prawidłowy.



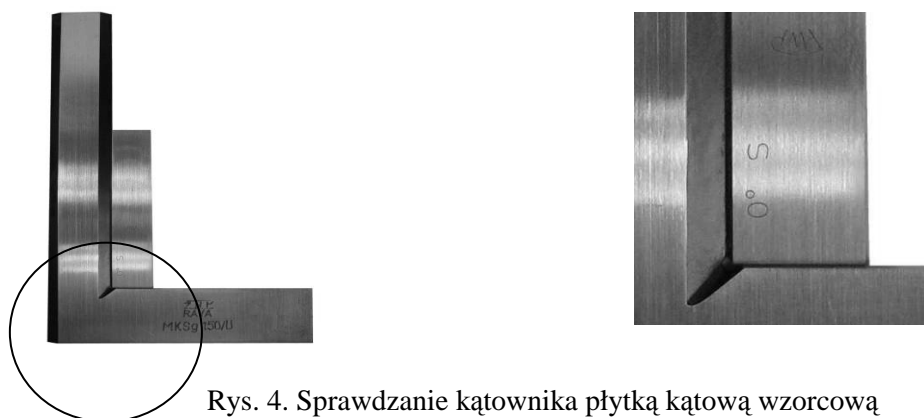
Rys. 2. Sprawdzanie kąta wewnętrznego kątownika krawędziowego.

Do sprawdzania kąta zewnętrznego przy pomocy kątownika walcowego (lub innego) konieczna jest płyta pomiarowa lub liniał powierzchniowy. W tym przypadku również poszukujemy szczeliny świetlnej między powierzchniami pomiarowymi badanego kątownika a kątownika kontrolnego. Oczywiście, płyta kontrolna lub liniał i kątowniki kontrolne muszą być przynajmniej o klasę lepsze od badanych oraz pozbawione uszkodzeń mechanicznych. Zabieg ten przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Sprawdzenie kąta zewnętrznego kątownika krawędziowego:  
a) kątownikiem walcowym, b) kątownikiem ramiennym

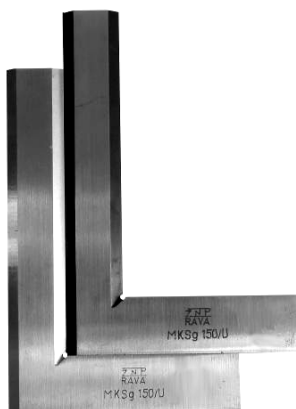
Innym sposobem jest sprawdzanie kątów kątownika za pomocą wzorcowych płytek kątowych. Zabieg ten wg rys. 4. jest w swej metodyce taki sam jak z udziałem kątownika walcowego. W szczególności do sprawdzenia kąta zewnętrznego potrzebna jest dodatkowo płyta pomiarowa. Małe wymiary płytek uniemożliwiają sprawdzenie dłuższych ramion kątownika. Ale za to pozwalają na bardzo dokładne sprawdzenie narożnika kątownika, który to odgrywa w pomiarach pierwszorzędną rolę. Płytkami kątowymi można też dokładnie pomierzyć, a nie tylko ocenić, odchylenia od prostopadłości ramion kątownika.



Rys. 4. Sprawdzenie kątownika płytką kątową wzorcową

W/w sposoby sprawdzania wymagają jednak wyposażenia laboratoryjnego. W codziennej praktyce warsztatowej sprawdzamy kątowniki wzajemnie. Do tego celu potrzebne są dwa kątowniki ramienne.

Przykładamy je do siebie na przemian wg rys. 5, badając raz kąt zewnętrzny, a następnie wewnętrzny. Brak szczeliny świetlnej wskazuje, że oba odwzorowują kąt prosty poprawnie gdyż prawdopodobieństwo, że odkształciły się w identyczny sposób jest znikome. Gdyby pojawiła się szczelina świetlna to, aby ocenić, który z nich jest nieprawidłowy należy podobny zabieg powtórzyć z trzecim kątownikiem i przez porównanie z nim, wyeliminować wadliwy. Jest to sposób najprostszy a jednocześnie zazwyczaj wystarczająco pewny. Należy stosować go jak najczęściej, zwłaszcza, gdy doszło do upadku kątownika, przygniecenia itp.

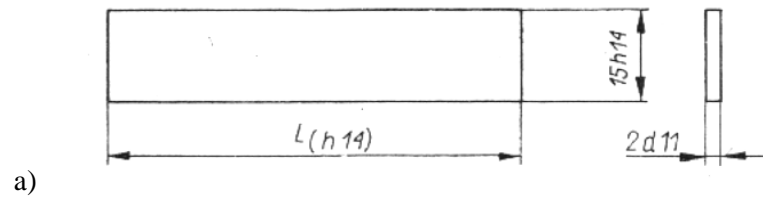


Rys. 5. Sprawdzanie kątowników krawędziowych przez porównanie wzajemne

Sprawdzanie stopnia namagnesowania przeprowadzamy przy pomocy opiłków stalowych, pobranych np. ze szlifierki. Czysty i suchy kątownik posypujemy również suchymi opiłkami, których ciężar nie powinien przekraczać 0,2 G na jedno ziarno. Przyleganie opiłków do powierzchni kątownika świadczy o jego namagnesowaniu. Należy poddać go procesowi rozmagnesowania na demagnetyzerze. Mimo to przed każdym pomiarem należy wytrzeć powierzchnie kątownika czystą szmatką.

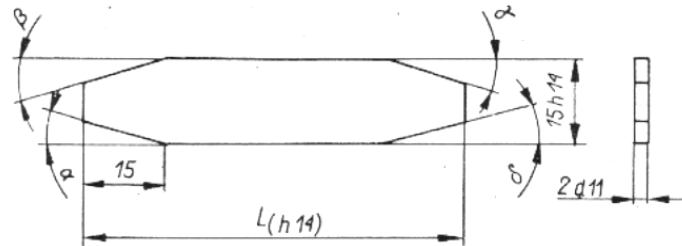
## 2. Płytki wzorcowe kątowe

Płytki kątowe są wzorcami, podobnie jak płytki wzorcowe długości. Oznaczone są MLAh – komplet mały i MLAk – komplet duży. Tak samo są też użytkowane, tzn. jako wzorce pojedyncze lub składane w zestawy dla osiągnięcia określonego kąta. Wykonywane są ze stali odpornej na ścieranie i korozję, najczęściej łożyskowej o twardości 62 HRC. Kształt i wymiary płytek kątowych określa PN-81/M-53108 „Narzędzia pomiarowe. Płytki kątowe”. Wymienione są tam płytki kątowe mające odpowiednio cztery lub dwa kąty pomiarowe plus płytka zerowa (prostoliniowa), w której wszystkie kąty pomiarowe są równe zeru – rys. 6.



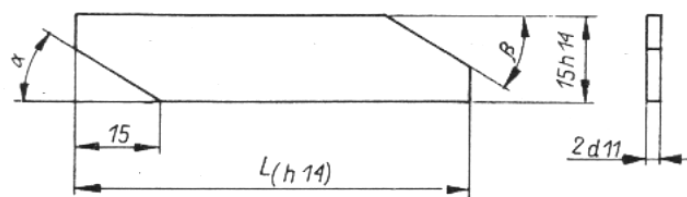
$$\alpha = \beta = \gamma = \delta = 0^\circ$$

b)



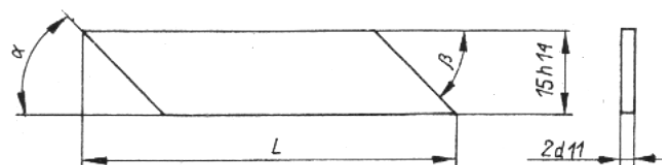
$$\alpha < \beta < \gamma < \delta \quad \alpha \geq 1^\circ \quad \delta \leq 24^\circ$$

c)



$$\alpha \geq 25^\circ \beta \leq 44^\circ \quad \alpha < \beta$$

d)



$$\alpha \geq 45^\circ \beta \leq 91^\circ \quad \alpha < \beta$$

Rys. 6. Płytki kątowe: a) zerowa, b) czterokątowa, c), d) dwukątowe

Jak widać, kąty pomiarowe zawarte są między przedłużeniami powierzchni pomiarowych równoległych, a odpowiednimi ścianami wielościanu stanowiącymi powierzchnie pomiarowe skośne.

Płytką zerową – rys. 6.a – jest prostopadłościanem, ale nie należy mylić jej z płytką odwzorowującą kąt  $90^\circ$ . Powierzchnie pomiarowe skośne pokrywają się z powierzchniami pomiarowymi równoległymi.

Płytką czterokątową – rys. 6b – odwzorowuje cztery kąty:  $\alpha < \beta < \gamma < \delta$ , po jednym w każdym narożniku.

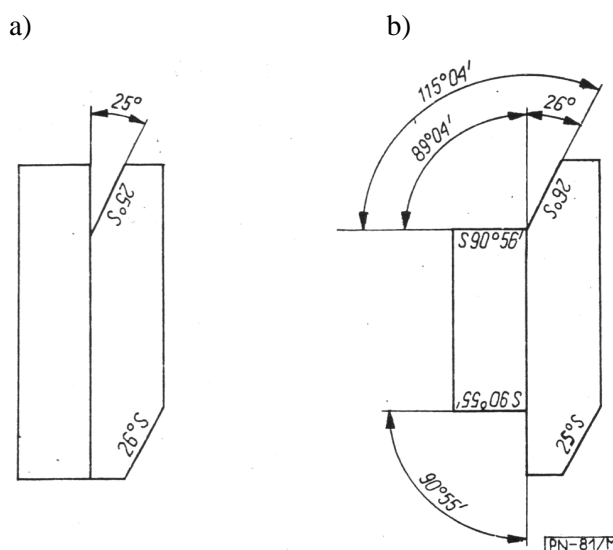
Płytek dwukątowych, rys. 6c i 6d, mamy dwa rodzaje, przy czym należy zwrócić uwagę, że kąty pomiarowe w obu przypadkach zawierają się między tymi samymi powierzchniami.



Rys. 7. Komplet duży płytek kątowych, MLaK

Długość płytek jest zróżnicowana i wynosi od 40,5 mm do 70 mm. Wykonywane są w zakresie od  $0^\circ$  do  $350^\circ$  co  $1^\circ$ . Komplet mały ma stopniowanie, co  $0^\circ 5'$ , a duży – rys.7. – co  $0^\circ 1'$ . Odchyłki graniczne kątów pomiarowych wynoszą  $\pm 0^\circ 0' 12''$ , tolerancja równoległości powierzchni pomiarowych równoległych –  $1 \mu\text{m} / 40 \text{ mm}$ , a tolerancja prostokątności powierzchni pomiarowych prostokątnych względem powierzchni bocznej oporowej –  $2 \mu\text{m}$ .

Płytki kątowe można używać pojedynczo do bezpośrednich pomiarów lub tworzyć kąty ostre i rozwarte, najczęściej z dwóch płytek, wg rys. 8. Ważnym jest, aby kąty tworzyć tylko między powierzchniami pomiarowymi, a nie oporowymi, które mają tolerancję wykonania dużo gorszą. Wierzchołek kąta pomiarowego znajduje się w narożniku płytki oznaczonym literą S.



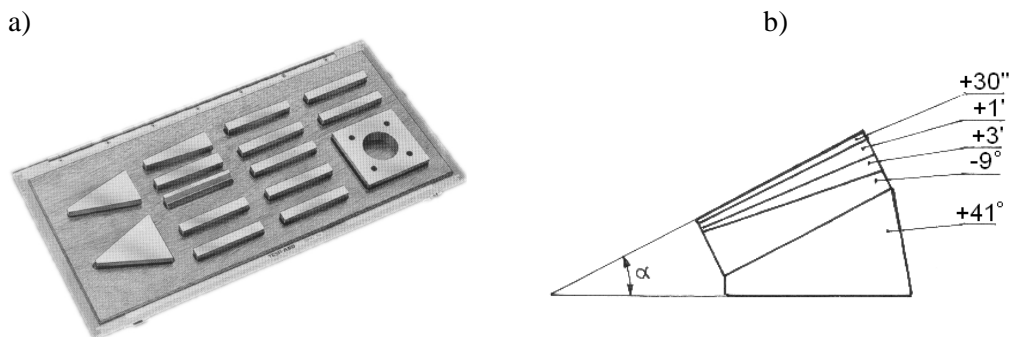
Rys. 8. Tworzenie kątów z dwóch płytek kątowych



Przy składaniu płytek powstaje pewien błąd uzyskanego kąta. Zależy od odchyłki kąta pomiarowego i odchyłki równoległości powierzchni pomiarowych równoległych. W przypadku na rys. 8a, źródłem błędu jest tylko odchyłka kąta pomiarowego  $25^\circ$  płytki  $25^\circ/26^\circ$  (płytką zerową jest baza). Kąt  $115^\circ 04'$  wg rys. 8b obarczony jest odchyłką kąta  $26^\circ$  i  $90^\circ 56'$  oraz odchyłką równoległości powierzchni pomiarowych równoległych płytki  $90^\circ 56'/90^\circ 55'$ . Odchyłkę równoległości należy uwzględnić, dlatego, że wykorzystany kąt  $90^\circ 56'$  ma wierzchołek po przeciwnej stronie kąta  $115^\circ 04'$ , czyli w pomiarze bierze udział kąt niepomiary.

W bezpośredniej praktyce warsztatowej nie mają zastosowania ze względu na wysoką cenę i łatwość ich uszkodzenia lub zużycia. Głównie stanowią wzorzec do sprawdzania innych przyrządów pomiarowych.

W użyciu są też płytki o kształtach i wymiarach innych niż wg w/w Polskiej Normy, np. takie jak na rys. 9.



Rys. 9. Komplet płytek kątowych przywieralnych, a) zestaw, b) metoda składania kątów

Pokazany na rys. 9 zestaw jest ilościowo ubogi, jednak może realizować kąty w zakresie od  $0^\circ$  do  $81^\circ$  ze stopniowaniem, co  $3'$ . Taki zakres i dokładność można uzyskać dzięki dodawaniu, ale i odejmowaniu wskazań płytek w zestawie, np. wg rys. 8b. Płytki ułożone odwrotnie odejmują swą wartość od całości. Uzyskany kąt  $32^\circ 4' 30''$  powstał przez następujące działania:

$$32^\circ = 41^\circ - 9^\circ, \quad 4'30'' = 3' + 1' + 30'',$$

$$\text{razem: } \angle \alpha = (41^\circ - 9^\circ) + (3' + 1' + 30'') = 32^\circ 4' 30''$$

Sposób jest nieco uciążliwy, ale daje duże możliwości przy pomocy niedużych środków. Mankamentem może też być to, że uzyskane kąty nie mają materialnego wierzchołka. Oczywiście błędy poszczególnych płytek dodają się, co rzutuje na wskazy dużych zestawów.

### 2.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne płytek kątowych

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo według instrukcji ujętej w Dzienniku Urzędowym Miar i Probiernictwa nr 30/95 poz. 165 i w nr 1/97 poz. 5 i 6 i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie przywieralności powierzchni pomiarowych płytek przywieralnych,

- sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych,
- sprawdzanie odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych bocznych,
- sprawdzanie odchylenia od prostopadłości powierzchni pomiarowych względem powierzchni bocznej oporowej,
- wyznaczanie błędów kątów pomiarowych.

Dopuszczalne odchylenia określone są w Dz.U.M.i P. nr 30/95 i nr 1/97 oraz w normie nr PN-81/M-53108. W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania i kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom, najlepiej Urzędowi Miar.

## 2.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

Ze względu na dokładność wykonania płytek, jednym, co można sprawdzić to stan ogólny, tzn. szukamy uszkodzeń, korozji itp. oraz badamy stopień namagnesowania, np. przy pomocy opiłków stalowych.

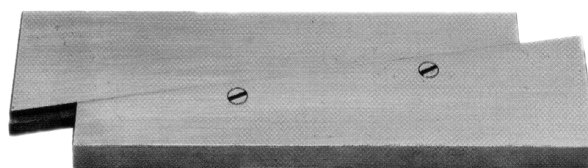
Błędy pomiarowe wynikają najczęściej z dodawania wartości kątów w pakiecie płytek. Trzeba uważać zwłaszcza przy dodawaniu stopni, minut i sekund kątowych.

Prawidłowe odwzorowanie kąta płytkami wzorcowymi polega głównie na unikaniu błędów i pomyłek. Należy również właściwie skompletować i ułożyć stos płytek, a następnie mocno zacisnąć je w uchwycie MLUb. Uchwyt ten znajduje się w komplecie płytek kątowych lub w komplecie wg PN-74/M-53103 „Narzędzia pomiarowe. Przybory do płytek wzorcowych.”

Płytki lub ich pakiety służą głównie do odwzorowania kąta. Pomiar kątów nieznanych jest dość utrudniony, gdyż trzeba kompletować właściwy zestaw płytek metodą prób i błędów. Wyjściem jest oczywiście wcześniejsze zmierzenie badanego kąta kątomierzem.

## 2.3. Inne wzorce i sprawdziany kąta

Do sprawdzania równoległości dwóch powierzchni wewnętrznych służą kliny pomiarowe – wg rys. 10. Możliwość wzdłużnego przestawiania wzajemnego pozwala na uzyskanie wzorcowej równoległości o różnej szerokości.



Rys. 10. Wzorce równoległości przestawne, tzw. kliny pomiarowe

Do wzorców (sprawdzianów) kąta należą również stożki zewnętrzne jak i wewnętrzne – rys 11. Służą one do sprawdzania, najczęściej metodą tuszowania otworów stożkowych lub stożków zewnętrznych. Metoda polega na pokryciu jednej powierzchni stożkowej cienką warstwą tuszu, lub innym środkiem kolorystycznym, dobrze przylegającym, niezbyt szybko wysychającym. Warstwa musi być cienka, aby uchwyciła tylko punkty styku wzorca i przedmiotu sprawdzanego. Z tego powodu do tego celu nie nadaje się większość farb. Ze względów praktycznych wskazanym jest pokryć tuszem stożek wewnętrzny, a ślad współpracy odczytywać na zewnętrznym. Chodzi o to, że w otworze, zwłaszcza małym, słabo widać odcisnięte punkty.

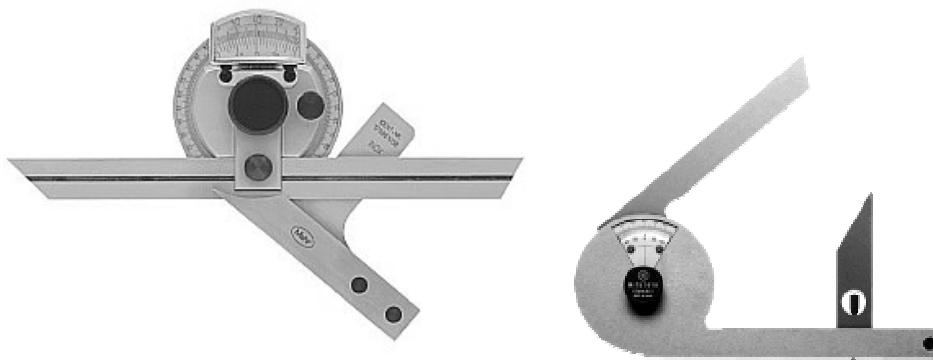


Rys. 11. Sprawdziany stożkowe: wewnętrzny i zewnętrzny

Poza tym istnieje cały szereg sprawdzianów kątowych specjalnych, mających zastosowanie w ściśle określonych dziedzinach gospodarki. Jednak najlepszym sposobem wyprodukowania dwóch (lub więcej) jednakowych kątów jest obróbka ich na tej samej obrabiarce, w tym samym ustawieniu uchwytów, podpór, suportów i narzędzia, czyli tzw. produkcja z jednego zamocowania (w jednym rzucie).

### 3. Kątomierz uniwersalny

Kątomierz uniwersalny, noniuszowy MKMb wg normy PN-82/M-53358 „Narzędzia pomiarowe. Kątomierze uniwersalne” przedstawia rys. 12. Służy do bezpośrednich pomiarów kątów w zakresie od  $0^\circ$  do  $360^\circ$  z dokładnością  $5'$ . Dłuższe ramię pomiarowe kątomierza ma wymiar 315 mm, a krótsze 150 lub 200 mm. W wykonaniu dla małych kątów nawet tylko 50 mm. Dopuszczalne błędy w całym zakresie pomiarowym, nie powinny przekraczać  $\pm 0^\circ 5'$ . Materiałem stosowanym na kątowniki jest stal węglowa lub nierdzewna. Powinien być też wyposażony w lupę do odczytu wskazań noniusza, gdyż jego podziałka jest mocno zagęszczona.



Rys. 12. Kątomierze noniuszowe z lupą

### 3.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo zgodnie instrukcją ujętą w Dzienniku Urzędowym Miar i Probiernictwa nr 23/95 poz. 127 i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie wykonania,
- sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych,
- sprawdzanie odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych,
- wyznaczanie błędów wskazań.

Dopuszczalne odchylenia podane są w Dz.U.M.i P. nr 23/95 i w normie PN-82/M-53358. W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

### 3.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

Oględziny polegają na ocenie czytelności wskazów podziałki tarczy głównej i obrotowej. Niedopuszczalne są też uszkodzenia mechaniczne, zwłaszcza powierzchni pomiarowych. Ewentualne uszkodzenia należy spiłować tak, aby nic nie wystawało na zewnątrz, podobnie jak przy liniałach i kątownikach.

Liniał powinien przesuwac się w zluowanym uchwycie zacisku płynnie, bez zacięć, ale również bez nadmiernych luzów.

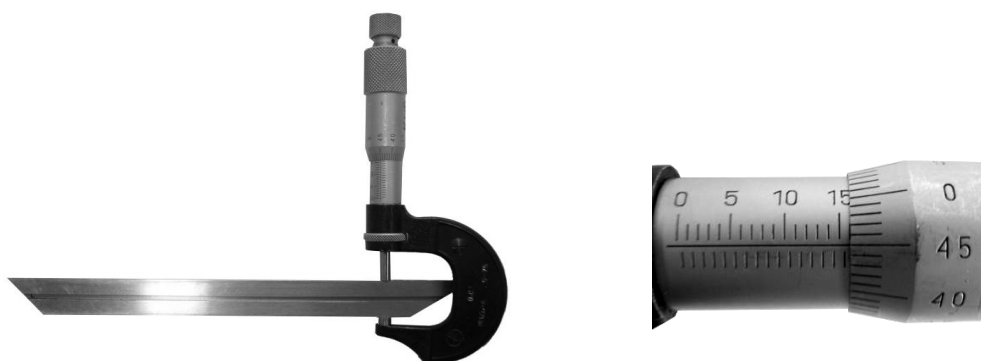
Liniał wymienny, po zaciśnięciu, powinien nie wykazywać zmian swego położenia względem liniału stałego, mimo wywierania pewnego nacisku. Jednocześnie dokręcanie zacisku nie powinno powodować zmian wskazań kątomierza ani położenia liniału.

Uwaga. Zacisk nie gwarantuje niezmienności ustalenia przy upadku, lub uderzeniu kątomierza.

Ocenę stopnia namagnesowania przeprowadzamy przez posypywanie linałów opiłkami stalowymi. Przyczepianie się opiłków do linału wskazuje, że koniecznym jest jego rozmagnesowanie.

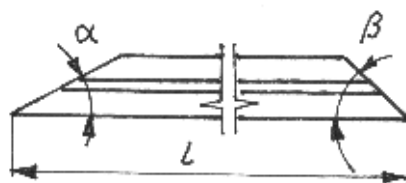
Sprawdzanie prostoliniowości i płaskości krawędzi linału stałego i ruchomego przeprowadzamy przy pomocy linału krawędziowego lub płyty pomiarowej. Po przyłożeniu do nich linału obserwujemy ewentualnie powstałą szczelinę świetlną, porównujemy ją ze szczeliną wzorcową, a uzyskany wynik odnosimy do wymagań w/w normy. Oczywiście, nie należy brać pod uwagę ewentualnych, celowo zrobionych spiłowań.

Sprawdzanie równoległości powierzchni pomiarowych linału stałego i ruchomego dokonujemy za pomocą pomiarów szerokości linałów w kilku miejscach, mikrometrem lub lepiej transametrem – wg rys. 13. Uzyskane wymiary odnosimy do wymagań normy PN-82/M-53358.

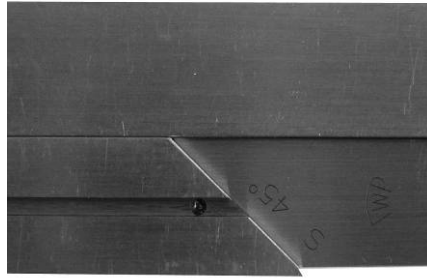


Rys. 13. Sprawdzanie równoległości powierzchni pomiarowych linału kątomierza. Wskaz 15,95 ( $16^{0,05}$ )

Ostrokątne zakończenia linału ruchomego mają kąty  $30^\circ$  i  $60^\circ$  oraz  $45^\circ$ , a linału stałego  $90^\circ$  – rys. 14. Linał może służyć jako wzorzec tych kątów. W/w kąty są często stosowane w mechanice i budowie maszyn. Zakończeń linałów można używać, zwłaszcza w pomiarach kątów trudno dostępnych i niedużych, a jednocześnie drugorzędnych, np. ścięcia, zatoczenia itp. Pomiaru potwierdzającego dokładną wartość tych kątów, wykonanych na linałach trzeba dokonać przy pomocy płytek wzorcowych kątowych klasy 2 – wg rys. 15 – i zapisać, np. na pudełku kątomierza.



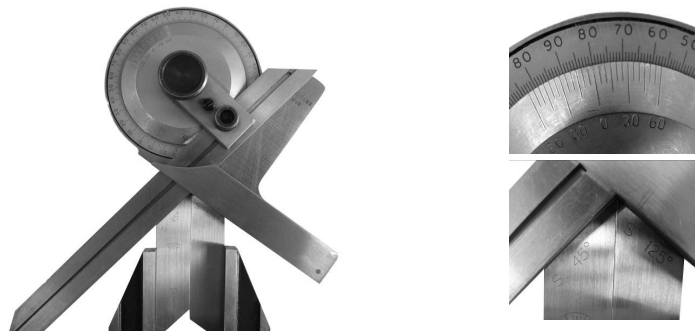
Rys. 14. Kąty w liniale kątomierza, gdzie:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$ , oczywiście kąty zamykające to  $60^\circ$  i  $135^\circ$



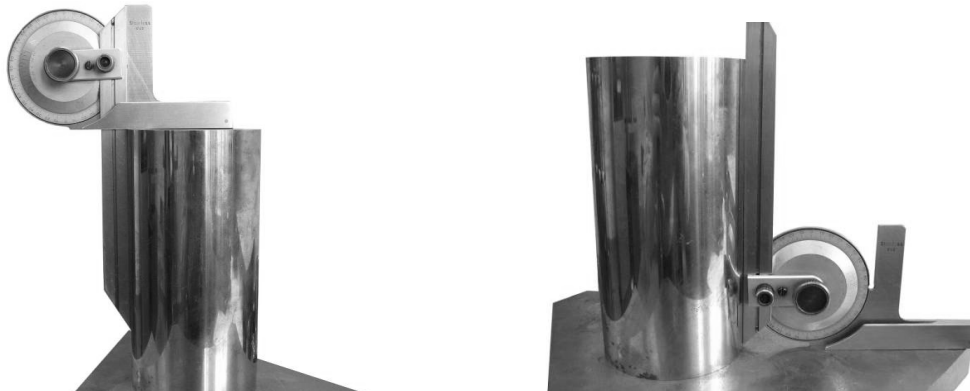
Rys. 15. Pomiar kąta  $45^\circ$  zakończenia liniału kątomierza wykonany płytką wzorcową i liniałem powierzchniowym

Ocena błędów wskazań kątomierza, przeprowadzona w całym zakresie pomiarowym, jest najważniejszym sprawdzianem metrologicznym kątomierza. Do tego celu używamy płytek kątowych klasy 2 wg PN-81/M-53108 „Narzędzia pomiarowe. Płytki kątowe.”, zaciskamy je między liniałami, bez szczeliny i odczytujemy wskazania na tarczy kątovej z noniuszem, rys.16. Wg w/w Dz.U.M.i P. pomiary należy wykonać w minimum siedmiu równomiernie rozłożonych punktach skali. Wyniki odnosimy do wymagań normy.

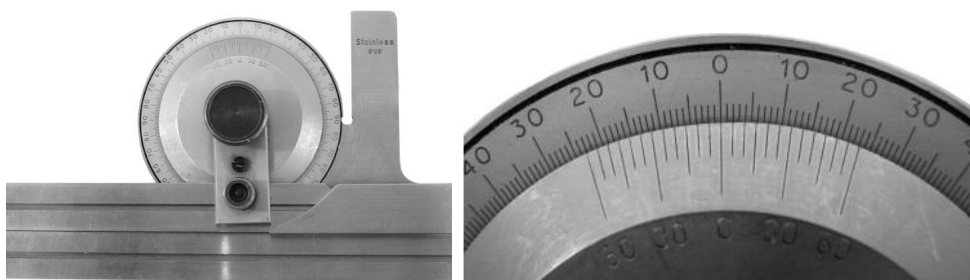
Uwaga. Jak najczęściej należy sprawdzać kąt  $90^\circ$  na kątowniku walcowym klasy 1 pokazuje rys. 17, a kąt  $180^\circ$  na liniale lub płycie wzorcowej klasy 1 – rys. 18.



Rys.16. Sprawdzanie kątomierza płytkami kątowymi



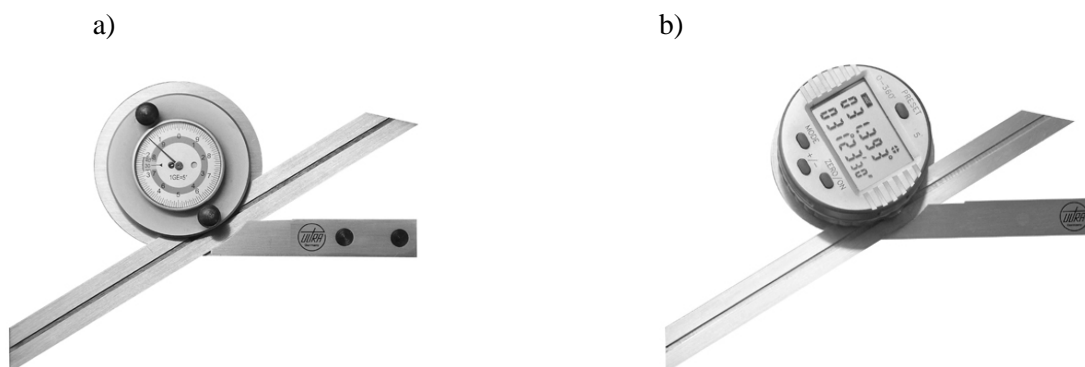
Rys. 17. Sprawdzanie kąta  $90^\circ$  kątomierza na kątowniku walcowym i płycie pomiarowej



Rys. 18. Sprawdzanie kąta  $180^{\circ}$  ( $0^{\circ}$ ) kątomierza na liniale

### 3.3. Inne rodzaje kątomierzy

Kątomierze, podobnie jak inne narzędzia pomiarowe, produkowane są w wersji z odczytem zegarowym i cyfrowym. Rozwiązania te są bardzo użyteczne gdyż odczyt noniuszowy, przez duże zagęszczenie kres jest bardzo utrudniony.



Rys. 19. Kątomierz z odczytem a) zegarowym, b) cyfrowym.

## 4. Liniał sinusowy

Liniał sinusowy MKNh wg PN-79/M-53354 „Narzędzia pomiarowe. Liniały sinusowe” – wg rys. 20 – służy do dokładnych pomiarów kątów (zbieżności lub pochyleń) małych przedmiotów o długości do ok. 100 lub 200 mm, w zależności od wersji i szerokości od ok. 25 do 150 mm. Dokładność pomiarów zależy także od klasy osprzętu dodatkowego: płyty pomiarowej, płytek wzorcowych i czujnika zegarowego oraz rozwartości mierzonego kąta i wynosi  $5''$  do  $13''$  (sekund kątowych) – wg tab. 3. Może być, więc wyższa od dokładności płytek kątowych. Oczywiście do tego trzeba dodać błędy czujnika, płytek wzorcowych i płyty pomiarowej.



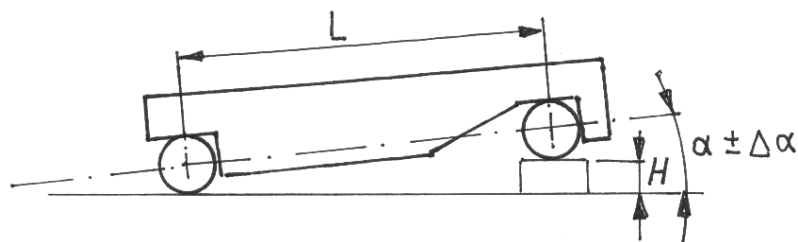
Rys. 20. Liniał sinusowy

Podstawowymi częściami liniału sinusowego są: płytka z powierzchnią roboczą i dwa wałki podporowe. Rys. 20. przedstawia liniał sinusowy bez powierzchni oporowych bocznych. Na płytce układa się przedmiot mierzony. Liniały sinusowe produkowane są w czterech szeregach wymiarowych, o długości  $L$  (rozstaw podpór) i szerokości  $S$  płytki, tj.  $100 \times 25$  mm,  $100 \times 50$  mm,  $200 \times 50$  mm i  $200 \times 150$  mm. Rozstaw wałków podporowych  $L$  obarczony jest błędem  $\pm T_L$  od 2 do 5  $\mu\text{m}$ . Liniały wykonywane są ze stali narzędziowej, hartowanej, o twardości 45 do 60 HRC.

Tabela 3. Błędy  $\pm\Delta\alpha$  kątów odwzorowywanych za pomocą liniału sinusowego

L mm	Szereg kątów odwzorowywanych					
	0°	5°	15°	20°	30°	45°
	$\pm\Delta\alpha$ sekundy katowe					
100	6	7	8	10	13	
200	5	6	7	9	12	

Błędy  $\pm\Delta\alpha$  uwzględniają odchyłki odległości osi wałków podporowych, walcowości wałków, równoległości powierzchni roboczej płyty względem płaszczyzny stycznej do walcowych powierzchni wałków.



Rys. 21. Błąd  $\pm\Delta\alpha$  kąta odwzorowywanego za pomocą liniału sinusowego



#### **4.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne liniału sinusowego**

Pełne sprawdzanie metrologiczne liniału powinno odbywać się okresowo, najlepiej zgodnie z instrukcją ujętą w Dzienniku Urzędowym Miar i Probiernictwa nr 5/97 poz.19. i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie wykonania,
- sprawdzanie odchylenia od równoległości powierzchni czołowej liniału względem tworzącej wałka,
- sprawdzanie odchylenia od prostopadłości powierzchni bocznych liniału względem powierzchni pomiarowej podstawy,
- sprawdzanie odchylenia od prostopadłości powierzchni bocznych liniału względem tworzącej wałka,
- sprawdzanie odchylenia odległości między osiami wałków od wartości nominalnej,
- sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej podstawy,
- sprawdzanie odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowej podstawy względem płaszczyzny przechodzącej przez tworzące wałków.

Dopuszczalne odchylenia podane są w Dz.U.M.i P. nr 5/97 oraz w normie PN-79/M-53354. W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

#### **4.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym**

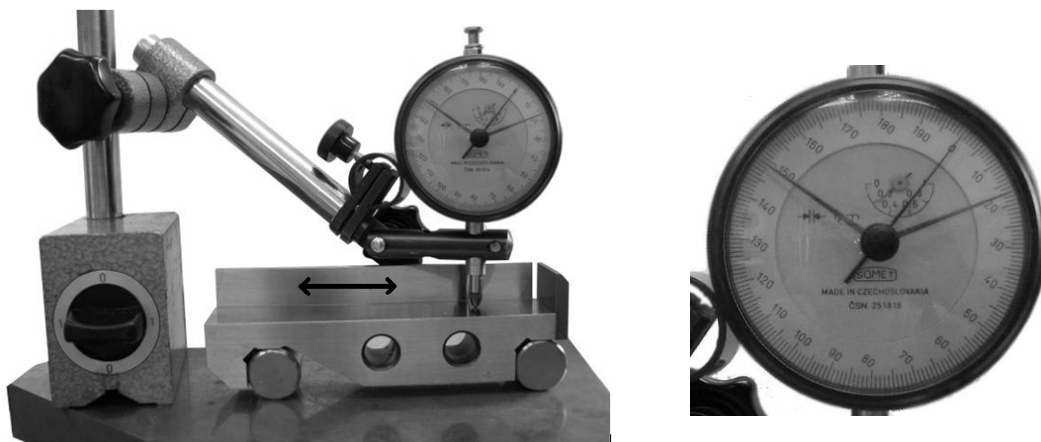
Liniał sinusowy w warunkach warsztatowych jest rzadko używanym narzędziem pomiarowym. Przy tej dokładności niezbędna jest stała temperatura pomiarów  $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  i nieskazitelna czystość.

Przed użyciem liniału należy odkonserwować. Jakiegokolwiek rysy, zbitcia, wgnioty itp. znajdujące się na powierzchniach pomiarowych dyskwalifikują go jako przyrząd pomiarowy.

Sprawdzanie stopnia namagnesowania należy wykonać przy pomocy opiłków stalowych. Przyczepianie się opiłków do powierzchni liniału nakazuje rozmagnesowanie go. Oczywiście, mimo odnamagnesowania, przed pomiarami należy go starannie wytrzeć szmatką.

Sprawdzanie funkcjonowania układu pomiarowego należy przeprowadzić na całej długości pomiarowej liniału. W tym celu trzeba zestawić na płycie pomiarowej liniał i czujnik zegarowy o do-

kładności wskazań 0,001mm z podstawką magnetyczną, a następnie wykonać przesunięcie wzajemne wzdłużne liniału pod czujnikiem, wg rys.22.



Rys. 22. Sprawdzanie liniału sinusowego z bocznymi płytkami oporowymi. Wskaz czujnika „zero”

Brak wychyleń czujnika oznacza, że powierzchnia robocza liniału jest prawidłowa, tj. równoległa do powierzchni płyty pomiarowej i bez błędów kształtu.

#### 4.3. Czynniki wpływające na błędy w pomiarach liniałem sinusowym

Stan powierzchni liniału i przedmiotu mierzonego musi być nienaganny. Biorąc pod uwagę dokładność, jaką można uzyskać przy pomocy liniału sinusowego, stwierdzić trzeba, że jakiegokolwiek uszkodzenia lub zabrudzenia powierzchni roboczych rzutują negatywnie na wynik pomiaru, a dokładność wykonania przedmiotu badanego to maksymalnie 6 klasa, przy chropowatości  $R_a$  1,25  $\mu\text{m}$ . Mniej dokładne przedmioty po prostu nie ma sensu mierzyć na liniale sinusowym.

Klasa dokładności oprzyrządowania musi być dostosowana do dokładności wykonywanych pomiarów, tj. czujnik 0,001 mm, płytki wzorcowe klasy I i płyta pomiarowa klasy I. Zbyt niska klasa zastosowanego oprzyrządowania: płyta pomiarowa, płytki wzorcowe i czujnik zegarowy, obniża dokładność uzyskanych wyników. Duże, negatywne znaczenie ma również wadliwie działająca podstawka czujnika.

Ułożenie przedmiotu na liniale powinno być stabilne. Zapewniają to powierzchnie oporowe boczne. Zdarzają się liniały w wykonaniu bez powierzchni oporowych, przydatne tylko w pomiarach dużych gabarytów. W tym przypadku należy zadbać, np. przy pomocy pomiarów suwmiarką, aby kąt pochYLENIA przedmiotu badanego był dokładnie zgodny z kierunkiem przesuwu liniału. Niedokładne w osi ułożenie przedmiotu mierzonego, a zwłaszcza stożków może być powodem grubych błędów.

#### 4.4. Prawidłowo przeprowadzony pomiar na liniale sinusowym

Liniał sinusowy ma głównie zastosowanie w laboratoriach, zwłaszcza do pomiarów większej ilości jednakowych przedmiotów. Wtedy liniał, płyta pomiarowa, płytki wzorcowe, czujnik i jego podstawa ustawione są dla nominalnej wartości kąta, a przesuw czujnika służy do określenia odchyłki liniowej badanego kąta. Pomiaru można dokonać szybko i dokładnie.

Dla prawidłowo przeprowadzonego pomiaru należy przede wszystkim unikać błędów wymienionych w p. 4.3. Przedmiot badany, a zwłaszcza stożek powinien mieć stałe położenie na liniale, tzn. dokładnie opierać się o powierzchnie pomiarowe. Przesuw przedmiotu badanego najlepiej realizować o ściśle ustaloną, stałą wartość, za pomocą płytki wzorcowej. W pomiarach rzeczywistej wartości kąta trzeba cierpliwie dobierać stos płytek wzorcowych, aż do uzyskania zerowych wychyleń czujnika – wg rys. 22. Zerowe wychylenia realizowane są na długości płytki wzorcowej, o którą opiera się stożek na początku pomiaru. Po wyjęciu płytki dokonujemy przesuwu stożka do powierzchni oporowej liniału, obserwując wskaźy czujnika. Natomiast przy ocenie odchylenia liniowego od wartości nominalnej (założonej) badanego kąta, należy dokładnie obliczyć właściwy stos płytek wzorcowych i taki podłożyć pod wałeczek liniału:

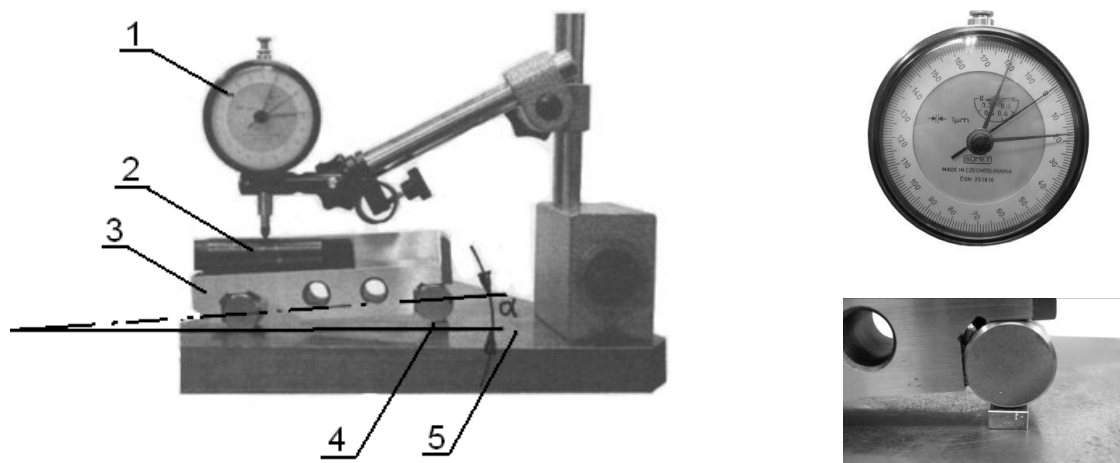
$$H = l \cdot \sin \alpha.$$

Następnie dokonujemy odczytu wskazań czujnika zegarowego na ściśle określonej, jednakowej dla wszystkich badanych sztuk, długości pomiarowej.

Liniał sinusowy posiada dokładnie określony rozstaw wałeczków podporowych,  $l = 100$  mm lub  $l = 200$  mm. Jest to przeciwprostokątna utworzonego przez liniał i płytki wzorcowe trójkąta. Wysokość stosu płytek wzorcowych  $h$  wyznacza drugi bok trójkąta prostopadłego, krótszą przyprostokątną. Kąt oblicza się ze wzoru:

$$\sin \alpha = h/l,$$

a wartość kąta z funkcji trygonometrycznych. Przy właściwie przeprowadzonym pomiarze błąd otrzymanego kąta wynosi jak w tab. 3 z uwzględnieniem odchyłek czujnika, płyty pomiarowej i płytek wzorcowych.



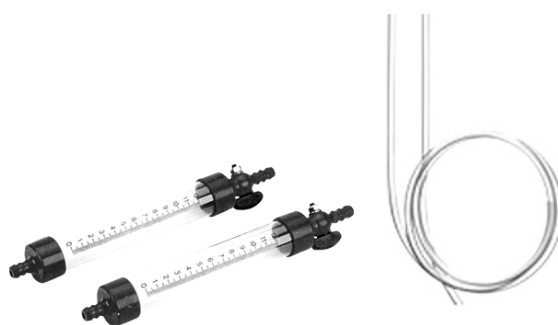
Rys. 23. Pomiar stożka na liniale sinusowym:

1) czujnik zegarowy, 2) mierzony stożek, 3) liniał sinusowy, 4) płytką wzorcowa, 5) płyta pomiarowa

Choć liniały sinusowe nie są powszechnie stosowane w metrologii warsztatowej, to znajomość zasad, według których one działają, pomaga zorganizować inne podobne pomiary kątów w sposób pośredni, np. dużych konstrukcji.

## 5. Poziomnice

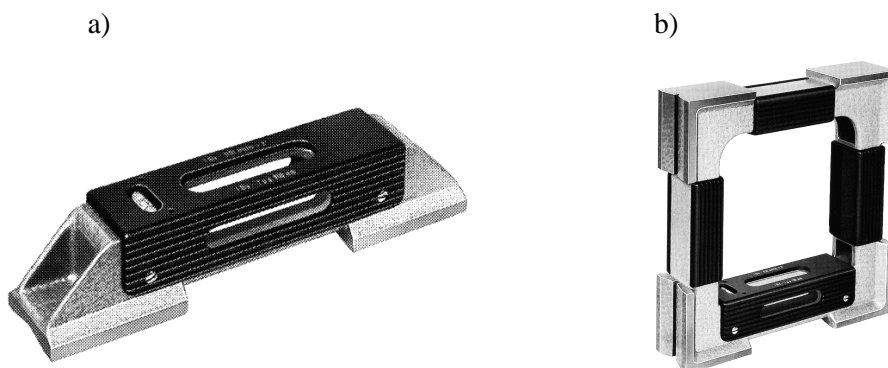
Często spotykanym pomiarem w budowie maszyn jest określenie odchylenia od poziomu. Niektóre maszyny wymagają dokładnego wypoziomowania, a w innych przypadkach potrzeba określonego pochylenia. Do badania kąta odchylenia od poziomu służą poziomnice. Za pomocą poziomnic badamy również odchylenia od pionu. Najprostszą poziomnicą są naczynia połączone, np. wężykiem – rys. 24. Często badamy nimi duże konstrukcje. Wskazane, aby ampułki były przezroczyste i posiadały podziałkę milimetrową.



Rys. 24. Poziomnica dwunaczyniowa z wężykiem.

Polska Norma PN-76/M-53375 „Narzędzia pomiarowe. Poziomnice stałe metalowe dwukierunkowe” wyróżnia poziomnice liniałowe i ramowe – rys.25. Poziomnice ramowe można stosować również do pomiaru pionu. Wielkość poziomnicy określa długość powierzchni roboczej: 160, 200 lub 315 mm.

Każda poziomnica składa się z korpusu, ampułki pomiarowej (dłuższej) i ampułki ustawczej. Ampułka ustawcza służy do wypoziomowania w kierunku prostopadłym do głównej osi pomiarowej. Na korpusie znajdują się powierzchnie pomiarowe, które mogą być płaskie lub pryzmowe. Szersze zastosowanie mają powierzchnie pryzmowe, którymi można mierzyć powierzchnie płaskie oraz łatwiej badać walce.

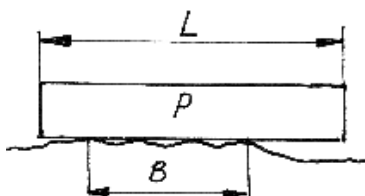


Rys. 25. Poziomnica a) liniałowa, b) ramowa

Wskazanie zerowe poziomnicy (poziom) jest wtedy, gdy położenie pęcherzyka jest symetryczne względem podziałki ampułki. Odchyłki wskazania zerowego powinny wynosić maksymalnie 0,2 do 0,5 działki elementarnej – tab. 4. Ponieważ poziomnice mierzą odchylenie od poziomu powierzchni badanej, to mogą być wyskalowane w [mm/m] lub w minutach albo sekundach kątowych. Zapis [mm/m] oznacza odchylenie od poziomu, najczęściej mierzone w 0,01 mm lub 0,1 mm na długości powierzchni pomiarowej poziomnicy, np. +0,25/315 przeliczone przez producenta na jednostki bardziej uniwersalne, czyli mm/m. Odchylenie od poziomu badanej powierzchni o 0,25 mm na długości podstawy poziomnicy 315 mm daje po przeliczeniu na długość 1m wartość 0,79 mm/m, bo

$$1 \text{ m} : 0,315 \text{ m} = 3,17 \rightarrow 0,25 \text{ mm} \times 3,17 = 0,79 \text{ mm/m.}$$

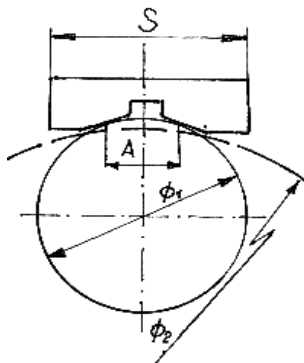
Przy czym długość podstawy liczy się tylko wtedy, gdy jest w kontakcie z powierzchnią badaną. Gdy jest inaczej, np. wg rys. 26, to jako bazę pomiarową bierzemy tylko długość rzeczywistego styku obu powierzchni.



Rys. 26. Wymiarowanie krótszych odcinków pomiarowych na poziomnicy

W tym przypadku poziomnica P będzie wskazywać odchylenie od poziomu na długości odcinka styku z przedmiotem badanym, czyli B, np. +0,25/275 mm.

Podobnym zagadnieniem pomiarowym są powierzchnie walcowe, w których mierzy się odchylenie od poziomu w poprzek do tworzącej przy pomocy ampułki ustawczej. Czynność ta jest niezbędna dla prawidłowego pomiaru wzdłuż tworzącej (pomiaru zasadniczego). W takiej sytuacji również liczy się rzeczywisty styk pryzmy poziomnicy z walcem – rys. 27.



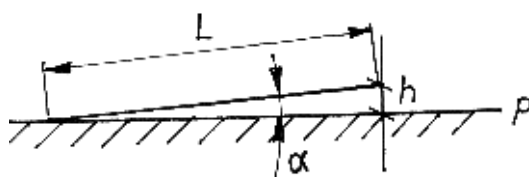
Rys. 27. Styk podstawy pryzmowej z walcem

W tym przypadku, szerokość poziomnicy  $S$  nie ma większego znaczenia, gdyż taki styk z przedmiotem walcowym jest niemożliwy. Szerokość tego styku zależy od średnicy walca  $\phi$ , kąta pryzmy i w dalszej kolejności od szerokości  $S$  pryzmy podstawy poziomnicy. Odchylenie od poziomu wyniesie, np.  $+0,25 : A$ . Mając dane długość styku i odchylenie od poziomu, możemy oczywiście obliczyć odchylenie kątowe od poziomu – wg rys. 28:

$$\sin \alpha = h : L, \text{ np: } 0,25 : 315 = 0,0008 \rightarrow 3,5',$$

gdzie:  $L$  – długość liniału (lub jego styku  $B$  – rys. 26),

$h$  – liniowe odchylenie od poziomu  $p$ .



Rys. 28. Interpretacja geometryczna kątowego odchylenia od poziomu



Rys. 29. Interpretacja kierunków pochyłości

W pomiarach odchylenia od poziomu ważne jest ustalenie kierunków wzniosu i pochylenia, również w pionie. Przy opisie pomiarów ma to znaczenie kluczowe. Zagadnienie to jest sprawą umowną, ale należy jednoznacznie w protokole badań ustalić punkt odniesienia i w związku z nim kierunek wzniosu lub opadania. Zwyczajowo wznios oznacza się (+), a opadanie (-). Rys. 29 podaje przykład takiego oznaczenia pochyłości. Wartość działki elementarnej poziomnic stałych wg w/w normy w poniższej tabeli.

Tabela 4. Wartości działki elementarnej poziomnic stałych

Wartość działki elementarnej wg PN-76/M-54601		
Ampułki pomiarowe		Ampułki ustawcze
mm/m	sekundy kątowe	minuty kątowe
0,02	4	3
0,05	10	6
0,10	20	10

Wartość działki elementarnej jest to kąt, o jaki należy pochylić poziomnicę, aby pęcherzyk ampułki przesunął się o długość działki elementarnej. Wartość działki elementarnej można wyrazić liniowo [mm/m] lub kątowno [minuty, sekundy] – tab. 4.

### 5.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne poziomnic

Pełne sprawdzanie metrologiczne poziomnic należy przeprowadzać zgodnie z instrukcją zawartą w Dzienniku Urzędowym Miar i Probiernictwa nr 23/1995 poz. 124 i 125 i nr 6/1996 poz. 28 i 29 i obejmuje:

- oględziny konstrukcji, wykonania i poprawności oznaczeń,
- sprawdzenie chropowatości powierzchni,
- sprawdzenie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych,
- sprawdzenie błędu ustawienia wskazania zerowego poziomnicy,
- wyznaczanie błędu wartości działki elementarnej ampułki pomiarowej.

Dopuszczalne odchylenia określone są w Dz.U.M.i P. nr 23/95 i nr 6/96 oraz w normie nr PN-76/M-53375. W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania i kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom, najlepiej Urzędowi Miar.

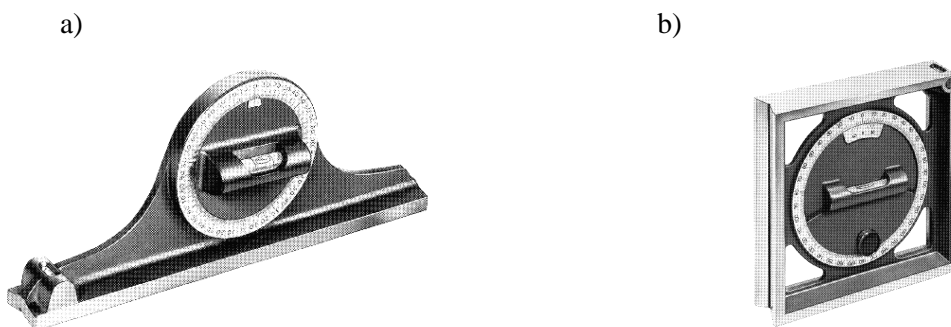
## 5.2. Sprawdzanie metrologiczne poziomnicy sposobem warsztatowym

Ocenę wskazań poziomnicy przeprowadza się w bardzo prosty sposób. Przykładamy poziomnicę do dowolnej powierzchni i obserwujemy położenie pęcherzyka w ampułce. Następnie odwracamy ją o  $180^\circ$  i w tym samym miejscu dokonujemy ponownego pomiaru. Jeżeli pęcherzyk w ampułce za każdym razem ustawi się w tym samym położeniu, to znaczy, że poziomnica działa prawidłowo. Jeżeli wystąpi różnica w obu pomiarach, to poziomnicę należy wyregulować. Chodzi o regulację położenia ampułki. Większość poziomnic ma możliwość korekty ustawienia ampułek, tak pomiarowych jak i ustawczych. W tym przypadku lepiej jest posłużyć się dokładnie wypoziomowaną płytą pomiarową.

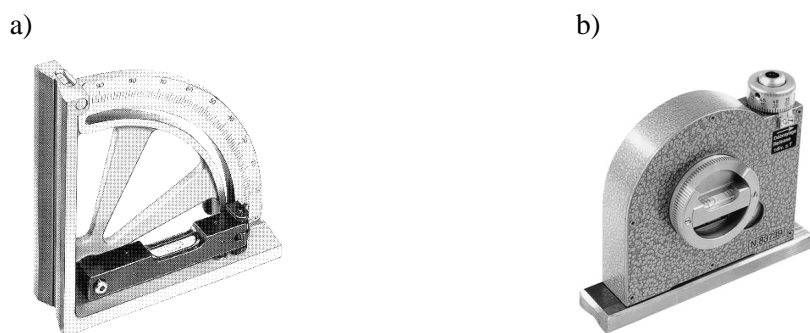
Oczywiście dokonujemy również oględzin całej poziomnicy, a szczególnie powierzchni pomiarowych. Dla jednoznacznej oceny należy posłużyć się płytą pomiarową lub liniałem. Drobne uszkodzenia możemy wypłować, tak, aby nie została wypływka.

## 5.3. Kątomierze poziomnicowe

Poziomnice dobrze nadają się do pomiarów małych odchyłek od poziomu lub pionu. Odchyłki większe mierzymy za pomocą kątomierzy poziomnicowych. Podobnie jak w poziomnicach, tak i tu są w wersji liniałowej i ramowej, a powierzchnie pomiarowe mogą być płaskie lub pryzmowe – rys. 30 i rys. 31. Działka elementarna wynosi  $1^\circ$  a noniusza  $1'$ . Pomiar polega na obracaniu listwą z ampułką aż do uchwycenia poziomu, tj. wyzerowanie wskazań poziomnicy. Następnie odczytujemy z podziałki kątowej i noniusza wskaz, czyli odchylenie badanej powierzchni od poziomu.



Rys. 30. Kątomierze poziomnicowe: a) liniałowy, b) ramowy



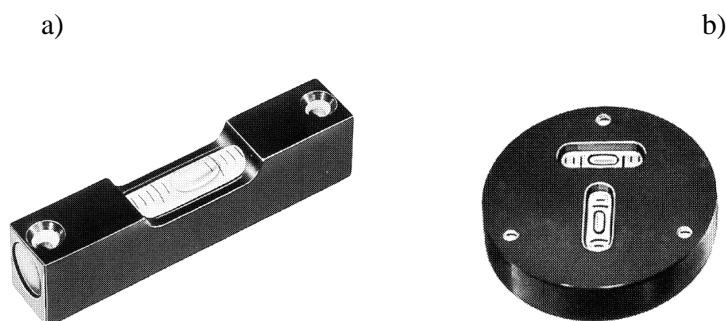
Rys. 31. Poziomnice pochyleniowe: a) ramowa, b) mikrometryczna



Poziomnice pochyleniowe mają ograniczony zakres pomiarowy. W wersji na rys. 29b jest zamontowana śruba mikrometryczna służąca do ustalania odchylenia liniowego, z dokładnością 0,01 mm.

#### 5.4. Inne konstrukcje poziomnic

W niektórych maszynach i urządzeniach niezbędny jest stały odczyt odchylenia od poziomu. Temu celowi służą poziomnice stałe, najczęściej przykręcane do trwałych, ważnych elementów maszyny. W tej grupie wyróżniamy poziomnice liniowe, mocowane na dwie śruby i dwukierunkowe, najczęściej z ampułkami krzyżującymi się, mocowane na trzy śruby – rys. 32. Mocowanie stałe jest nieco kłopotliwe, gdyż wymaga często przeniesienia wskazów poziomu z różnych części maszyny na jedną wypadkową poziomnicę.



Rys. 32. Poziomnice stałe: a) liniowa, b) okrągła

Do ciągłej kontroli odchylenia od poziomu służą poziomnice elektroniczne z wyjściem sygnału pomiarowego na zewnątrz, rys.33. Takie rozwiązanie pozwala na wykorzystanie sygnału do odczytu, alarmu, analizy komputerowej lub automatycznego wyłączenia maszyny w razie wystąpienia pochylenia niedopuszczalnych.



Rys. 33. Poziomnica elektroniczna

Również zwykle poziomnice pomiarowe często występują w wersji elektronicznej. Ich zaletą jest zwykle większa dokładność, nawet do 0,001 mm/m, z reguły przeliczają pochyłość na gotowy wynik w dowolnych jednostkach, mm/m lub stopnie, minuty, sekundy. Na rys. 34a znajduje się poziomnica

elektroniczna z odczytem wskazówkowym, a na rys. 34b jest zestaw pomiarowy składający się z poziomnicy liniowej i ramowej, obie z odczytem cyfrowym, drukarka i komputer analizujący zbadaną powierzchnię.

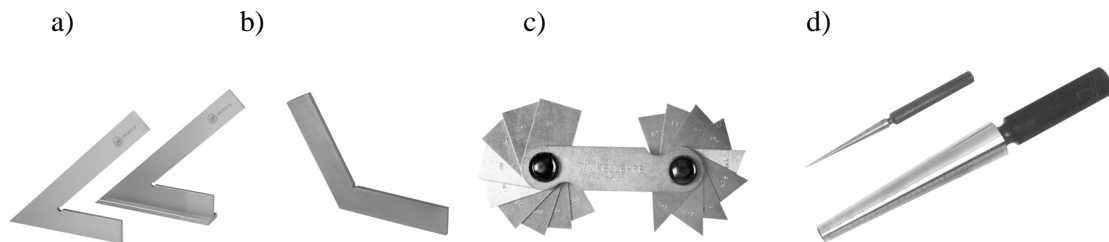


Rys. 34. Poziomnice elektroniczne: a) ramowa, b) zestaw z drukarką i komputerem

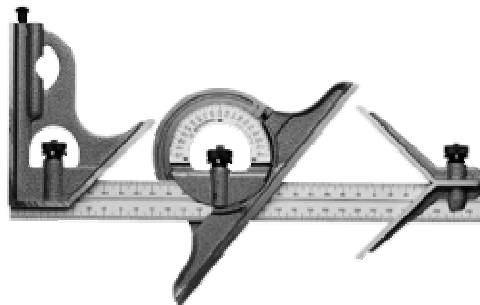
## 6. Inny sprzęt do pomiarów kąta

Oprócz w/w narzędzi do pomiarów kąta, zbieżności i pochyleń stosowane są:

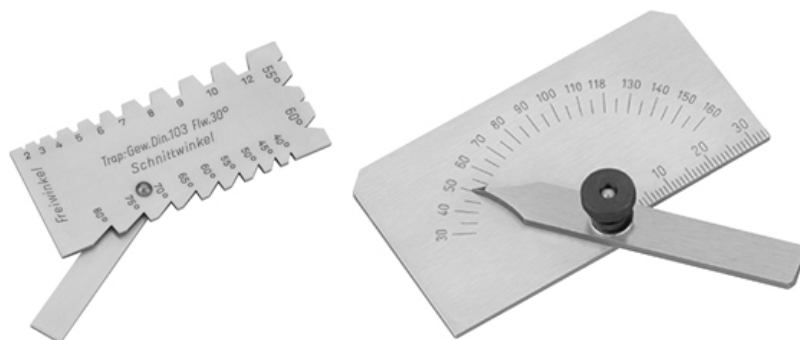
– wzorce kątów ostrych i rozwartych – rys. 35.



Rys. 35. Wzorce kątów: a)  $45^{\circ}$ , b)  $120^{\circ}$ , c) komplet wzorników kątowych, d) stożki wzorcowe – kątomierze zespolone: głowica pozioma, kątomierz, przyrząd centrujący, przymiar kreskowy;

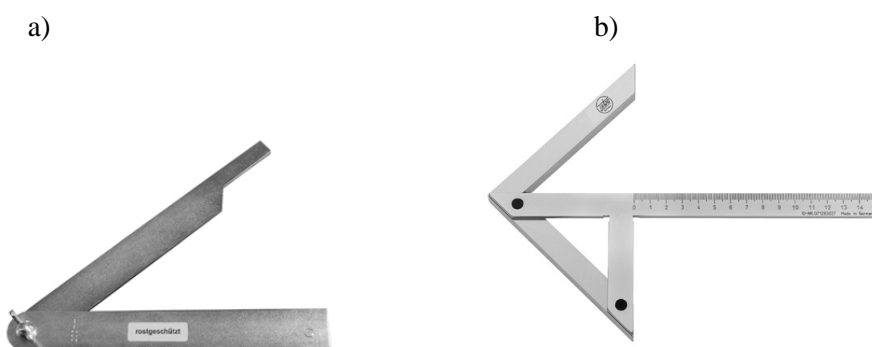


Rys. 36. Kątomierz zespolony: poziomnica, kątomierz, przyrząd centrujący, przymiar kreskowy – wzorce do ostrzenia narzędzi i trasowania – rys. 37;



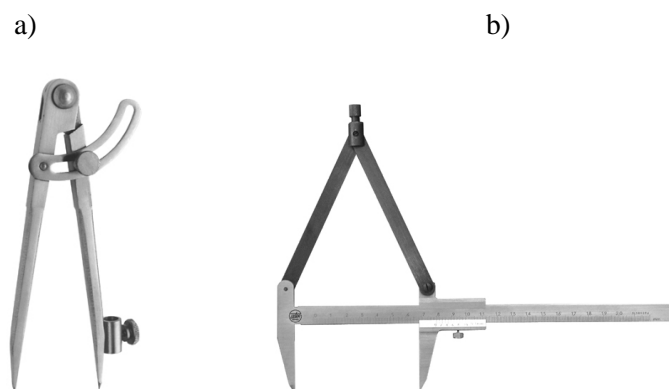
Rys. 37. Wzorce do ostrzenia narzędzi

– sprzęt traserski: kątownik nastawny, liniał do centrowania;



Rys. 38. Sprzęt traserski: a) kątownik nastawny, b) liniał z kątownikiem centrującym

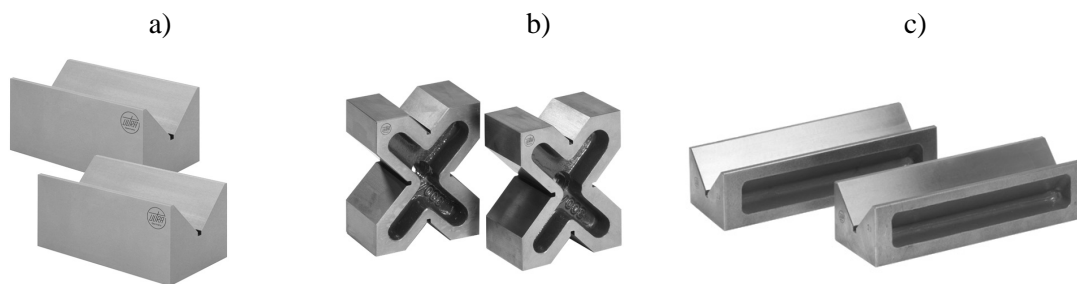
– cyrkle stanowią głównie wyposażenie traserza; w pewnych okolicznościach mogą stanowić też narzędzie pomiarowe;



Rys. 39. Cyrkle: a) zwykły, b) suwmiarkowy

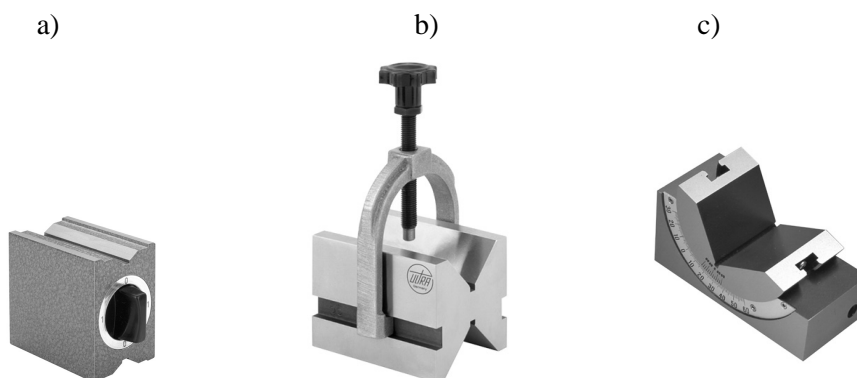
– pryzmy przeznaczone są do trasowania, ustawiania i kontroli wyrobów o kształcie walca; rys. 40a i 40b przedstawia pryzmy krótkie  $90^\circ$ , pracujące parami, przeznaczone do podpierania przedmiotów długich, tylko na określonych średnicach, np. z powodu występowania pośrodku odsadzenia; w takich zastosowaniach obie pryzmy muszą mieć dokładnie jednakowe wymiary robocze; najlepiej nabywać

je sparowane już przez producenta; długość od 100 do 200 mm; rys. 40c przedstawia pryzmy długie, które w formie sparowanej występują rzadko;



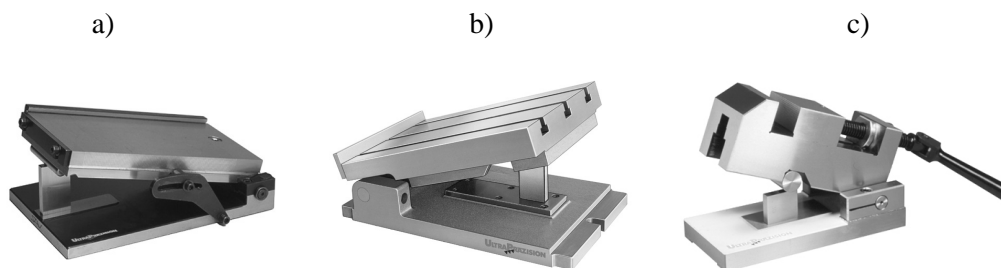
Rys. 40. Pryzmy sparowane: a) jednostronne, b) podwójne, krzyżowe, c) jednostronne długie

– pryzmy specjalne – rys. 41 – służą głównie do mocowania lub podpierania przedmiotów cylindrycznych; pryzma dwustronna magnetyczna  $90^{\circ}$  – rys. 41a – przydatna do pracy na stołach obrabiarek, płytach pomiarowych itp.; pryzma dwustronna  $90^{\circ}$  – rys. 41b – z kabłąkiem mocującym w sposób trwały przedmiot mierzony lub obrabiany; pryzma nastawna – rys. 41c – ma zastosowanie w obróbce skrawaniem i w pracach pomiarowych, zwłaszcza z zastosowaniem czujnika zegarowego może zastępować liniał sinusowy, oczywiście z dużo mniejszą dokładnością;



Rys. 41. Pryzmy specjalne: a) magnetyczna, b) z dociskiem, c) wychylna

– precyzyjne stoły i imaki sinusowe – rys. 42 – służą do mocowania przedmiotów do obróbki lub pomiarów. Dużą precyzję ustawionego kąta zapewniają płytki wzorcowe. Mocowanie przedmiotów może odbywać się za pomocą rowków teowych lub magnetycznie;



Rys. 42. Stoły sinusowe: a) magnetyczny, b) z rowkami teowymi, c) imak sinusowy

– przyrządy kłowe – rys. 43 – wyposażone w przesuw wzdłużny i czujnik zegarowy mogą służyć do pomiaru zbieżności stożków, pod warunkiem, że stożek posiada nieuszkodzone nakiełki; taki pomiar można również zrealizować na tokarce;



Rys. 43. Przyrząd kłowy – pomiar zbieżności stożka

– przyrządy specjalne – rys. 44 – używa się w produkcji seryjnej, tylko do konkretnego detalu, gdzie odbiór jakościowy musi odbywać się szybko, ale mimo to dokładnie; na rys. 44 przyrząd bada odchyłkę stożka, od wcześniej ustalonego wzorca, za pomocą czujników, na trzech średnicach; obrót badanej tulei wokół własnej osi pokaże również odchyłkę kołowości;



Rys. 44. Przyrząd specjalny do pomiaru stożka

– niwelatory poziomicowe, wg rys.45. służą do pomiaru odchyłek od poziomu bardzo dużych konstrukcji, np. mostów.



Rys. 45. Niwelator poziomicowy

## Spis norm

- Norma PN-74/M-53103 „Narzędzia pomiarowe. Przybory do płytek wzorcowych”.
- Norma PN-81/M-53108 „Narzędzia pomiarowe. Płytki kątowe”.
- Norma PN-86/M-53160 „Narzędzia pomiarowe. Kątowniki 90° stalowe”.
- Norma PN-79/M-53354 „Narzędzia pomiarowe. Liniały sinusowe”.
- Norma PN-82/M-53358 „Narzędzia pomiarowe. Kątomierze uniwersalne”.
- Norma PN-76/M-53375 „Narzędzia pomiarowe. Poziomnice stałe metalowe dwukierunkowe”.
- Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 23/1995 poz. 124, 125 i 127.
- Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 27/95 poz. 153.
- Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 30/95 poz. 165.
- Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 6/1996 poz. 28 i 29.
- Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 1/97 poz. 5 i 6.
- Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 5/97 poz. 19.

## Spis rysunków

Rys. 1. Kątowniki 90° stalowe.....	204
Rys. 2. Sprawdzanie kąta wewnętrznego kątownika krawędziowego.....	207
Rys. 3. Sprawdzanie kąta zewnętrznego kątownika krawędziowego.....	208
Rys. 4. Sprawdzanie kątownika płytką kątową wzorcową.....	208
Rys. 5. Sprawdzanie kątowników krawędziowych przez porównanie wzajemne.....	209
Rys. 6. Płytki kątowe: a) zerowa, b) czterokąтова, c, d) dwukątowe.....	210
Rys. 7. Komplet duży płytek kątowych, MLAk.....	211
Rys. 8. Tworzenie kątów z dwóch płytek kątowych.....	211
Rys. 9. Komplet płytek kątowych przywieraalnych, a) zestaw, b) składanie kątów.....	212
Rys. 10. Wzorce równoległości przestawne, tzw. kliny pomiarowe.....	213
Rys. 11. Sprawdziany stożkowe: wewnętrzny i zewnętrzny.....	214
Rys. 12. Kątomierze noniuszowe z lupą.....	215
Rys. 13. Sprawdzanie równoległości powierzchni pomiarowych liniału kątomierza. Wskaz 15,95 ( $16^{-0,05}$ ) .....	216
Rys. 14. Kąty w liniale kątomierza.....	216

Rys. 15. Pomiar kąta $45^\circ$ zakończenia liniału kątomierza wykonany płytką wzorcową i liniałem powierzchniowym .....	217
Rys. 16. Sprawdzanie kątomierza płytkami kątowymi.....	217
Rys. 17. Sprawdzanie kąta $90^\circ$ kątomierza na kątowniku walcowym i płycie .....	217
Rys. 18. Sprawdzanie kąta $180^\circ$ ( $0^\circ$ ) kątomierza na liniale.....	218
Rys. 19. Kątomierz z odczytem a) zegarowym, b) cyfrowym.....	218
Rys. 20. Liniał sinusowy.....	219
Rys. 21. Błąd $\pm\Delta\alpha$ kąta odwzorowywanego za pomocą liniału sinusowego.....	219
Rys. 22. Sprawdzanie liniału sinusowego z bocznymi płytkami oporowymi .....	221
Rys.23. Pomiar stożka na liniale sinusowym.....	223
Rys. 24. Poziomnica dwunaczyniowa z wężykiem.....	223
Rys. 25. Poziomnica a) liniałowa, b) ramowa.....	224
Rys. 26. Wymiarowanie krótszych odcinków pomiarowych poziomnicy.....	224
Rys. 27. Styk podstawy pryzmowej z walcem.....	225
Rys. 28. Interpretacja geometryczna kąтового odchylenia od poziomu.....	225
Rys. 29. Interpretacja kierunków pochyłości.....	225
Rys. 30. Kątomierze poziomicowe: a) liniałowy, b) ramowy.....	227
Rys. 31. Poziomnice pochyleniowe: a) ramowa, b) mikrometryczna.....	227
Rys. 32. Poziomnice stałe: a) liniałowa, b) okrągła.....	228
Rys. 33. Poziomnica elektroniczna.....	228
Rys. 34. Poziomnice elektroniczne: a) ramowa, b) zestaw z drukarką i komputerem.....	229
Rys. 35. Wzorce kątów: a) $45^0$ , b) $120^0$ , c) komplet wzorników kątowych, d), e) stożki wzorcowe .....	229
Rys. 36. Kątomierz zespolony.....	229
Rys. 37. Wzorce do ostrzenia narzędzi.....	230
Rys. 38. Sprzęt traserski: a) kątownik nastawny, b) liniał z kątownikiem centrującym.....	230
Rys. 39. Cyrkle: a) zwykły, b) suwmiarkowy.....	230
Rys. 40. Pryzmy sparowane: a) jednostronne, b) podwójne, c) jednostronne długie.....	231
Rys. 41. Pryzmy specjalne: a) magnetyczna, b) z dociskiem, c) wychylna.....	231
Rys. 42. Stoły sinusowe: a) magnetyczny, b) z rowkami teowymi, c) imak sinusowy.....	231
Rys. 43. Przyrząd kłowy – pomiar zbieżności stożka.....	232

Rys. 44. Przyrząd specjalny do pomiaru stożka.....	232
Rys. 45. Niwelator poziomicowy.....	232

### **Spis tabel**

Tab. 1. Dokładność kąta $90^\circ$ kątowników ramiennych.....	205
Tab. 2. Dokładność kąta $90^\circ$ kątowników walcowych.....	206
Tab. 3. Błędy $\pm\Delta\alpha$ kątów odwzorowywanych za pomocą liniału sinusowego.....	219
Tab. 4. Wartości działki elementarnej poziomnic stałych.....	226