

Przedmowa

Zeszyt ten jest przeznaczony dla studentów specjalności mechanika i budowa maszyn. Ma ułatwić przebieg zajęć laboratoryjnych z metrologii warsztatowej. Wyczerpująco opisane i bogato ilustrowane „Wprowadzenia do laboratoriów” pozwalają na łatwe przeprowadzenie ćwiczeń, również przez absolwentów liceów ogólnokształcących i innych szkół, którzy wcześniej nie mieli żadnych kontaktów z techniką. Spięcie wszystkich sprawozdań w całość jest też najprostszą formą organizacyjną dokumentowania ćwiczeń. Formularze zostały opracowane specjalnie dla sprawnego przeprowadzenia prac, aby cały temat można było zrealizować podczas półtoragodzinnych zajęć. Treść sprawozdań odpowiada programowi nauczania i standardowym w metrologii warsztatowej narzędziom pomiarowym. Szczegółowo wypunktowany opis przebiegu ćwiczeń umożliwia sprawne i samodzielne przeprowadzenie pomiarów razem z ich opracowaniem. Pozwala to na ograniczenie pracy domowej studenta do minimum. Zaliczenie wszystkich ćwiczeń umożliwi gruntowne zapoznanie z podstawowymi narzędziami pomiarowymi, z którymi można spotkać się w praktyce warsztatowej. Należą do niej suwmiarka, mikrometr, mikrometr wewnętrzny, średnicówka mikrometryczna i czujnikowa, kątomierz i kątowniki, transometr, czujnik zegarowy, sprawdziany gwintu i promieni, szczelinomierz, płytki wzorcowe, liniały, płyty pomiarowe itp. Mimo szybkiego rozwoju sprzętu pomiarowego, narzędzia te znajdują trwałe miejsce w metrologii warsztatowej.

Każde ćwiczenie jest związane z określonym podstawowym tematem pomiarowym, jak: wałek – wymiary zewnętrzne, otwór – wymiary wewnętrzne, klin – kąty, chropowatość i falistość – parametry powierzchni, położenie i luz – montaż części, statystyka w pomiarach – produkcja masowa, badania ultradźwiękowe – pomiary długości i cechy struktury wewnętrznej materiałów. Wyczerpuje to główne zagadnienia pomiarowe, z jakimi można się spotkać w pracy zawodowej. Oczywiście dotyczy to standardów związanych z normalnymi w budowie maszyn klasami dokładności, technikami obróbki i łączenia części.

Celem laboratoriów jest manualne opanowanie narzędzi pomiarowych, ich sprawdzanie, a także właściwe stosowanie. Wynik pomiarów musi być dobrze opracowany, tj. z określeniem błędów narzędzia i metody oraz oceną geometrii mierzonego przedmiotu. Podstawą do opracowań są Polskie Normy znajdujące się na stanowisku pomiarowym i w bibliotece uczelni. Dodatkowym celem ćwiczeń jest nabycie umiejętności korzystania z norm i odręczne szkicowanie mierzonych detali. Przedmiotem pomiarów są rzeczywiste części maszyn, m.in. wałki, tuleje, kliny, tarcze, łożyska, często wyeksploatowane. Takie są jednak realia pracy inżyniera mechanika w warsztacie,

zwłaszcza w małych i średnich firmach. Inżynier może być organizatorem produkcji, ale może również pracować w służbach utrzymania ruchu dowolnego zakładu. Zachowanie zeszytu może być pomocne w rozwiązywaniu problemów w semestrze II i V oraz późniejszych problemów zawodowych, zwłaszcza na samodzielnym stanowisku pracy.

Mirosław Falkowski

Konin, maj 2013 r.

Regulamin ćwiczeń laboratoryjnych z metrologii warsztatowej

1. Na wstępie studenci dzielą się na grupy dwu- lub trzyosobowe. Ustalony podział obowiązuje przez cały semestr. W wyjątkowych sytuacjach dopuszcza się zamianę z członkiem innej grupy przerabiającej to samo ćwiczenie w innym terminie.
2. Dla zaliczenia laboratorium należy:
 - znać podstawy teoretyczne ćwiczenia, tj. zapoznać się z ich opisem,
 - opanować manualnie wskazane narzędzia pomiarowe,
 - zrealizować wszystkie punkty ćwiczenia,
 - wypełnić sprawozdanie i przedstawić prowadzącemu do podpisu,
 - przekazać kompletne sprawozdanie do oceny na następnych zajęciach.
3. Z narzędziami pomiarowymi należy obchodzić się pieczołowicie i zgodnie z ich przeznaczeniem. O ich uszkodzeniu lub zaginięciu trzeba niezwłocznie zawiadamiać prowadzącego ćwiczenia.
4. Szczególnie ostrożnie trzeba posługiwać się ciężkimi narzędziami i mierzonymi przedmiotami, które mogą stoczyć się ze stołu.
5. Zabrania się dokonywania wpisów do norm i innych dokumentów znajdujących się na stanowisku, a które są własnością uczelni.
6. Formularze należy wypełniać wyraźnym pismem technicznym.
7. W czasie trwania ćwiczenia student przebywa tylko w pobliżu swojego stanowiska. Zabrania się nieuzgodnionych kontaktów z innymi grupami zadaniowymi.
8. Ze względu na możliwy kontakt z substancjami ropopochodnymi, po zakończeniu ćwiczenia należy starannie umyć ręce.

Wstęp

Przygotowanie pomiaru. Informacje ogólne

Niżej wymienione zasady dotyczą pomiarów profesjonalnych i w zakresie laboratoriów metrologii warsztatowej nie będą w większości przypadków stosowane. Jednak inżynier mechanik powinien mieć pełen obraz uwarunkowań prawnych i technicznych prac pomiarowych prowadzonych na budowie maszyn.

1. Przedmiot mierzony

Przedmiot mierzony powinien być czysty, tzn. pozbawiony wiórków, pyłu, zendry, grubej korozji i innych przywierających zanieczyszczeń. Przed pomiarem należy powierzchnie mierzone przemyć np. benzyną ekstrakcyjną i wytrzeć do sucha miękką szmatką. Nie jest zalecane intensywne czyszczenie mechaniczne, ponieważ może to spowodować zmianę wymiarów lub struktury powierzchni przedmiotu mierzonego. Wskazane jest też zbadanie stopnia namagnesowania przy pomocy opiłków stalowych. Wynik pozytywny nakazuje wcześniejsze odmagnesowanie przedmiotu. Detal mierzony powinien mieć tę samą temperaturę, co narzędzie pomiarowe. W tym celu narzędzie i przedmiot badany powinny znajdować się w tym samym pomieszczeniu, aż do wyrównania się ich temperatur. Proces ten przebiega najszybciej i najpewniej, gdy przyrząd pomiarowy położymy na przedmiocie. Temperaturą najwłaściwszą do wykonania pomiarów jest 20°C. W przypadku prowadzenia prac pomiarowych na otwartej przestrzeni, należy brać pod uwagę nasłonecznienie, zawilgocenie i kierunek wiatru. Czynniki te w istotny sposób wpływają na przedmiot mierzony oraz narzędzia pomiarowe, a tym samym na uzyskane wyniki pomiarów.

2. Stanowisko pomiarowe

Miejsce pomiaru powinno być dobrze oświetlone (norma PN-EN 13018:2004 Badania nieniszczące. Badania wizualne. Zasady ogólne) – około 500 luksów, ale nie może występować efekt tzw. olśnienia. Stół powinien być wyłożony deskami lub przykryty płytą drewnianą. Celowe jest pokrycie go miękkim sukniem, na które będą odkładane narzędzia pomiarowe. Stół pomiarowy powinien być odizolowany od drgań, a w jego pobliżu nie mogą znajdować się urządzenia wytwarzające pola elektromagnetyczne lub zanieczyszczenia chemiczne. Wskazane jest, aby stanowisko pomiarowe znajdowało się przy oknie skierowanym na północ. Zapobiega to nagłym

zmianom oświetlenia. Wyniki pomiarów należy niezwłocznie nanosić na przygotowany wcześniej arkusz. Dobrze, aby znajdował się na nim szkic mierzonego przedmiotu razem z planem wymiarów.

3. Pomiarowiec

Osoba dokonująca pomiarów powinna mieć czyste i suche ręce. Pot i inne zanieczyszczenia chemiczne wpływają korodująco na narzędzia pomiarowe i przedmioty mierzone. Pomiary należy wykonywać spokojnie i metodycznie. Wyniki zapisywać starannie pismem technicznym. Do pomiarów należy dobrać właściwe, tj. sprawdzone narzędzia i oprzyrządowanie oraz zapoznać się z zasadą ich działania.

Kandydat na pomiarowca powinien mieć świadectwo dobrego widzenia wg wymagań normy PN-EN 473 „Badania nieniszczące. Kwalifikacje i certyfikacja personelu badań nieniszczących”. Zasady ogólne, tj.:

- a) ostrość widzenia bliskiego powinna umożliwić odczytanie znaku o numerze 1 w skali Jaegera lub N 4.5 Times Roman lub równoważnej skali z odległości nie mniejszej niż 30 cm, jednym okiem lub obuocznie, z korekcją lub bez,
- b) prawidłowe widzenie barw – kandydat powinien rozpoznać i rozróżniać kontrasty między barwami – stosowane w rozważanej metodzie badań nieniszczących, określonej przez pracodawcę,
- c) często konieczne jest posiadanie określonych predyspozycji zdrowotnych, np. do pracy na wysokości, w ciasnych pomieszczeniach, hałasie, temperaturze wysokiej lub obniżonej, oparach itp.

4. Narzędzia pomiarowe i oprzyrządowanie

Narzędzia należy ułożyć w kolejności ich użytkowania. Przed użyciem trzeba je odkonserwować benzyną ekstrakcyjną i wytrzeć do sucha szmatką. Następnie sprawdzić własności metrologiczne w całym zakresie pomiarowym. Przy ich podejmowaniu trzymamy powierzchnie chwytne i unikamy dotykania elementów pomiarowych. Po wykonaniu pomiarów narzędzie odkładamy na deseczkę lub sukno (może też być guma lub linoleum), a następnie wycieramy do sucha i pokrywamy wazeliną bezkwasową. Wskazane jest przechowywanie ich we właściwych futerałach i w temperaturze 20°C.

Narzędzia pomiarowe powinny spełniać warunki ujęte w rozporządzeniu ministra gospodarki, pracy i polityki społecznej z 12 maja 2003 r. w sprawie wymagań metrologicznych, którym powinny odpowiadać materialne miary długości.

Zabrania się rzucania narzędzi pomiarowych, odkładania na urządzenia elektroenergetyczne, grzewcze i w środowiska chemicznie nieobojętne lub w ich pobliżu. Niedopuszczalne jest również używanie narzędzi pomiarowych do innych celów niż pomiar.

Uwaga: Zgodnie z ustawą z 11 maja 2001 r. Prawo o miarach (tekst jednolity ogłoszony w Dz.U. z 2004 r. nr 243, poz. 2441) niektóre przyrządy pomiarowe wymagają prawnej kontroli metrologicznej. Artykuł 8.1 tej ustawy mówi, że „przyrządy pomiarowe, które mogą być stosowane:

- w ochronie zdrowia, życia i środowiska,
- w ochronie bezpieczeństwa i porządku publicznego,
- w ochronie praw konsumenta,
- przy pobieraniu opłat, podatków i innych należności budżetowych oraz ustalaniu opustów, kar umownych, wynagrodzeń i odszkodowań, a także przy pobieraniu i ustalaniu podobnych należności i świadczeń,
- przy dokonywaniu kontroli celnej,
- w obrocie

i są określone w przepisach wydanych na podstawie ust. 6, podlegają prawnej kontroli metrologicznej”.

Oznacza to, że przy dokonywaniu pomiarów ważny jest obiekt i również cel ich przeprowadzania. Również instytucje sprawujące nadzór specjalistyczny, np. Urząd Dozoru Technicznego, Wyższy Urząd Górniczy, Polski Rejestr Statków, Lloyd itp. często wymagają, aby pomiarowiec miał stosowne uprawnienia, a przyrządy pomiarowe były wzorcowane lub legalizowane. W Polsce instytucją do tego uprawnioną jest Główny Urząd Miar i jego placówki terenowe, tj. Okręgowe i Obwodowe Urzędy Miar. Wyniki pomiarów należy zapisywać sposobem i w jednostkach określonych w rozporządzeniu ministra gospodarki i polityki społecznej z 12 maja 2003 r. w sprawie legalnych jednostek miar. W przypadku stosowania jednostek innych niż wyżej wymienione, trzeba koniecznie to zaznaczyć.

5. Typowe sposoby minimalizowania błędów pomiarów

- a) dostosować metodę pomiaru do wymaganej dokładności,
- b) stosować możliwie proste metody pomiarowe,
- c) zapoznać się z właściwościami metrologicznymi obranych narzędzi,

- d) pomiary wykonywać poprawnie pod względem metrologicznym i stosować techniki pomiarowe właściwe do uzyskania prawidłowego wyniku i uwzględniające specyfikę narzędzia i przedmiotu mierzonego,
- e) przyrząd pomiarowy należy sprawdzić przed pomiarem, a w razie wątpliwości również po jego zakończeniu,
- f) pomiary dokonywać spokojnie i bez pośpiechu,
- g) pomiary należy ponawiać w kilku różnych położeniach,
- h) przy odczytach wskazań unikać błędu paralaksy,
- i) zadbać o czystość przyrządu pomiarowego i obiektu mierzonego,
- j) przedmiot mierzony zamocować lub ułożyć w sposób niewpływający na wynik pomiaru,
- k) obiekty mierzone, które składają się z kilku sztuk wzajemnie połączonych (śrubami, nitami, spoinami, wpustami, zaciskami), należy sprawdzić na dokładność ustalenia,
- l) właściwie oświetlić miejsce pomiaru,
- m) wymiary bardzo zbliżone można uśrednić,
- n) wymiary bardzo rozbiegające się, a zarazem pewne, należy podawać oddzielnie,
- o) podczas dłuższych prac pomiarowych należy często, dla odpoczynku, robić przerwy.

6. Typowe prace pomiarowe w budowie maszyn

Dotyczą one:

- części obrabianych skrawaniem – międzyoperacyjnie i ostatecznie,
- narzędzi i oprzyrządowań produkcyjnych,
- konstrukcji spawanych, lutowanych, skręcanych, nitowanych, klejonych itp., zarówno w trakcie trwania tych procesów, jak i ostatecznie,
- wyrobów hutniczych: odlewanych, walcowanych, kutych,
- montażu części w maszyny i konstrukcje,
- montażu maszyn, urządzeń i konstrukcji w zespoły funkcjonalne,
- przeglądów i kontroli maszyn,
- weryfikacji części używanych,
- analiz poawaryjnych.

Mechanika i budowa maszyn oraz związana z tym metrologia warsztatowa funkcjonują w wielu gałęziach gospodarki, takich jak: przemysł maszynowy i elektromaszynowy, stoczniowy, lotniczy, precyzyjny, spożywczy, samochodowy, włókienniczy, chemiczny, górnictwo, hutnictwo, energetyka, kolejnictwo, rolnictwo i w wielu innych.

Każda z tych branż ma z reguły swoje przepisy dotyczące techniki, uprawnień, przepisów pomiarowo-kontrolnych, bhp itp., związane z ich specyfiką. Przed podjęciem pracy w tych dziedzinach, należy je poznać, a często uzyskać stosowne uprawnienia techniczne.

7. Prace kontrolno-pomiarowe szczególne

Pomiary wymagające szczególnej odpowiedzialności i pieczołowitości dotyczą:

- urządzeń dźwigowych i wciągarkowych,
- urządzeń ciśnieniowych,
- zbiorników, rurociągów i ich oprzyrządowania, zwłaszcza dla substancji zapalnych, żrących i trujących,
- elementów sterowniczych,
- elementów uruchamiania i zatrzymywania maszyn, jak: sprzęgła, hamulce, luzowniki, ciągną, wały przegubowe itp.,
- zabezpieczeń i ochron przed dostępem do miejsc niebezpiecznych,
- schodów, drabin, podestów, barierek, poręczy, osłon itp.,
- przy przeróbkach, dostosowaniach i modernizacjach maszyn już istniejących.

Należy przy tym pamiętać, że przedmioty mierzone mają swoje specyficzne cechy fizykochemiczne, zależne np. od składu chemicznego i obróbki cieplnej, które należy uwzględnić przy pomiarach i opracowaniu ich wyników.

8. Jednostki miar

Podstawową jednostką miary długości w układzie SI jest metr [1 m].

W budowie maszyn częściej stosowana jest podwielokrotność, tj. milimetr [1 mm]:

$$1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}$$

lub mikrometr (mikron) [1 μm]:

$$1 \mu\text{m} = 0,000001 \text{ m} = 10^{-6} \text{ m},$$

a w tolerancjach i prasowaniach warsztatowych – jedna setna milimetra (setka) = 0,01 mm.

Podstawową jednostką kąta płaskiego w układzie SI jest radian [1 rad]:

$$1 \text{ rad} = \text{kąt pełny}/2\pi = 57,29578^\circ.$$

W budowie maszyn częściej stosowany jest stopień kątowy, [1°], który dzieli się na:

minutę kątową [1'] i sekundę kątową [1'']:

$$1^\circ = 60', 1' = 60'', \text{ a więc } 1^\circ = 3600''$$

I. Wprowadzenie do Laboratorium nr 1

Omówienie przebiegu ćwiczeń laboratoryjnych z metrologii warsztatowej

Cel laboratorium

Zadaniem laboratorium nr 1 jest przygotowanie studentów do samodzielnego wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych.

Ćwiczenia laboratoryjne mają na celu:

- manualne opanowanie narzędzi pomiarowych,
- ocenę ich właściwości metrologicznych w sposób warsztatowy oraz wg Polskich Norm (PN),
- naukę prawidłowej techniki wykonywania pomiarów,
- ocenę błędów narzędzi i metod pomiarowych,
- opracowanie statystyczne wyników pomiarów,
- wykonanie szkicu mierzonego przedmiotu wraz z planem wymiarów,
- zapoznanie się ze stosownymi normami technicznymi PN.

Sprawozdanie z ćwiczenia każdy student wykonuje na specjalnych formularzach samodzielnie. Pozwala to na łatwe ich przeprowadzenie i jednoznaczne porównanie wyników prac. Przedmiotem pomiarów są rzeczywiste części maszyn, takie jak: wałki, tuleje, kliny, gwinty, łożyska, korpusy. Zakres pomiarów dostosowany jest do typowych prac warsztatowych. W ramach ćwiczeń zaprezentowane też będą inne metody pomiarowe, z którymi można się spotkać w pracy zawodowej. Warunkiem przystąpienia do zajęć jest znajomość teorii związanej z zadaniem, w szczególności tej ujętej we „Wprowadzeniu do laboratorium nr”. Zagadnienia teoretyczne omawiane są na wykładach, jednak zakres zadań wstępnych jest tak opracowany, aby mógł się do niego przygotować również student, który jeszcze właściwego wykładu nie miał. Temu celowi służy też laboratorium nr 1.

Tematyka ćwiczeń laboratoryjnych

1. Zajęcia wstępne – wspólne

- podział na grupy,
- przygotowanie pomiaru, informacje ogólne,
- regulamin zajęć laboratoryjnych,

- omówienie ćwiczeń nr 2, 3, 4, 5, 6 i 7,
- posługiwanie się narzędziami pomiarowymi,
- sprawdzanie narzędzi pomiarowych.

2. Pomiar wałka – wymiary zewnętrzne

Omawiane przyrządy:

- suwmiarka uniwersalna wg PN-80/M-53130 i Dz.U.M.iP. nr 6/96 i nr 4/99,
- mikrometr zewnętrzny wg PN-82/M-53200, PN-88/M-53201 i Dz.U.M.iP. nr 12/96,
- wzorce nastawcze do mikrometrów zewnętrznych wg PN-88/M-53201,
- wzorniki łuków kołowych wg PN-87/M-53396,
- wzorce zarysu gwintu wg PN-88/M-53395.

3. Pomiar tulei – wymiary wewnętrzne

Omawiane przyrządy:

- suwmiarka uniwersalna wg PN-80/M-53130 i Dz.U.M.iP. 6/96 i nr 4/99,
- średnicówka mikrometryczna wg PN-76/M-53245 i Dz.U.M.iP. nr 12/96,
- średnicówka czujnikowa wg PN-64/M-53265 i Dz.U.M.iP. nr 11/96,
- mikrometr zewnętrzny wg PN-82/M-53200, PN-88/M-53201 i Dz.U.M.iP. nr 12/96,
- mikrometr wewnętrzny wg PN-65/M-53247 i Dz.U.M.iP. nr 12/96,
- wzorce zarysu gwintu wg PN-88/M-53395.

4. Pomiar klina – kąty i pochylenia

Omawiane przyrządy:

- kątomierz uniwersalny wg PN-82/M-53358 i Dz.U.M.iP. nr 23/95,
- płytki kątowe wg PN-81/M-53108 i Dz.U.M.iP. nr 30/95 i nr 1/97,
- płyta pomiarowa wg PN-ISO 8512-1 i Dz.U.M.iP. nr 7/96,
- kątownik walcowy 90° stalowy wg PN-86/M-53160 i Dz.U.M.iP. nr 23/95 i 27/95,
- kątownik 90° stalowy ramienny wg PN-86/M-53160 i Dz.U.M.iP. nr 23/95 i 27/95,
- szczelinomierz wg PN-75/M-53390.

5. Pomiar chropowatości, falistości, luzu, odchyłek położenia

Ćwiczenie składa się z trzech zagadnień:

5a. Chropowatość i falistość

Omawiane przyrządy:

- wzorce chropowatości wg PN-85/M-04254 i Dz.U.M.iP. nr 7/96,
- liniał krawędziowy wg PN-74/M-53180 i Dz.U.M.iP. nr 27/96,
- szczelinomierz wg PN-75/M-53390.

5b. Luzy łożysk tocznych i ślizgowych

Omawiane przyrządy:

- czujnik zegarowy wg PN-68/M-53260 i Dz.U.M.iP. nr 11/96,
- szczelinomierz wg PN-75/M-53390,
- suwmiarka uniwersalna wg PN-80/M-53130 i Dz.U.M.iP. nr 6/96 i 4/99.

5c. Błędy kształtu i położenia

Omawiane przyrządy:

- suwmiarka uniwersalna wg PN-80/M-53130 i Dz.U.M.iP. nr 6/96 i 4/99,
- kątownik 90° stalowy ramienny wg PN-86/M-53160 i Dz.U.M.iP. nr 23/95 i 27/95,
- mikrometr wewnętrzny wg PN-82/M-53200, PN-88/M-53201 i Dz.U.M.iP. nr 12/96,
- szczelinomierz wg PN-75/M-53390.

6. Metody statystyczne

Omawiane przyrządy:

- transametr wg PN-75/M-53259 i Dz.U.M.iP. nr 12/96 wraz z uchwytem,
- płytki wzorcowe wg PN-EN ISO3650 i Dz.U.M.iP. nr 12/96.

7. Sensory. Pomiary i badania nieniszczące

Omawiane przyrządy:

- defektoskop ultradźwiękowy,
- głowice ultradźwiękowe.

8. Parametry narzędzi pomiarowych

- zakres pomiarowy, czyli minimalne i maksymalne wymiary możliwe do zmierzenia narzędziem,
- dokładność wskazań, czyli działka elementarna narzędzia,

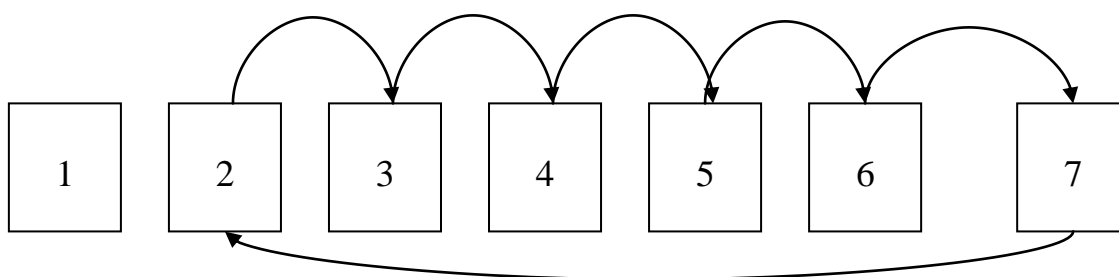
- błąd wskazań narzędzia, możliwa, ale nie konieczna, odchyłka wyniku pomiaru uzyskiwana z PN lub z danych producenta,
- niepewność pomiaru, czyli możliwy błąd, jako suma różnych czynników (na laboratoriach nieuwzględniany),
- sprawdzanie metrologiczne narzędzi sposobem warsztatowym, szybka metoda upewnienia się o podstawowych parametrach narzędzia.

9. Regulamin

Omówione zostaną zasady prawidłowego prowadzenia zajęć laboratoryjnych nie tylko pod względem dydaktycznym, lecz także bezpieczeństwa.

10. Zaliczenie

Zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych polega na przekazaniu kompletu sprawozdań. Schemat przebiegu zajęć laboratoryjnych poniżej.



Schemat zaliczania ćwiczeń.

II. Wprowadzenie do Laboratorium nr 2

Pomiar wałka

Cel laboratorium

Celem tych zajęć jest zapoznanie się z problematyką pomiarów wałka, który jest przedstawicielem najważniejszej grupy części maszyn, czyli elementów o kształcie walcowym. Należą do niej również osie, sworznie, kołki, śruby itp. Wspólną ich cechą jest:

- dokładność wykonania najczęściej w 5 do 8 klasie tolerancji wg PN-EN 20286-2,
- zbliżone zasady pasowania,
- chropowatość powierzchni najczęściej w zakresie R_a od 0,63 do 2,5.

W związku z tym pomiary w/w części wykonywane są tym samym sprzętem.

Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych

1. Suwmiarka dwustronna tzw. uniwersalna

Przedmiotem opracowania jest suwmiarka dwustronna MAUa, która (norma PN-79/M-53131 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy suwmiarkowe) służy do pomiarów długości z dokładnością 0,1 lub 0,05 mm, rzadziej 0,02 mm. Suwmiarka ta ma bardzo szerokie zastosowanie ze względu na swoje duże możliwości pomiarowe – można nią mierzyć wymiary zewnętrzne, wewnętrzne i mieszane (stąd też nazwa – uniwersalna). W dziedzinie budowy maszyn suwmiarki są używane głównie do pomiarów średniokładnych – gabarytowych.

1.1 Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo, zgodnie z instrukcją ujętą w Dzienniku Urzędowym Miar i Probiernictwa (Dz.U.M.iP.) nr 6/96, poz. 25 oraz nr 4/99, poz. 39 i obejmuje:

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

Dopuszczalne odchylenia podane są w Dz.U.M.iP. nr 6/96 i nr 4/99 oraz w normie PN-80/M-53130 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy suwmiarkowe. Wymagania.

Wykonanie w/w sprawdzania wymaga specjalistycznego oprzyrządowania oraz umiejętności i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

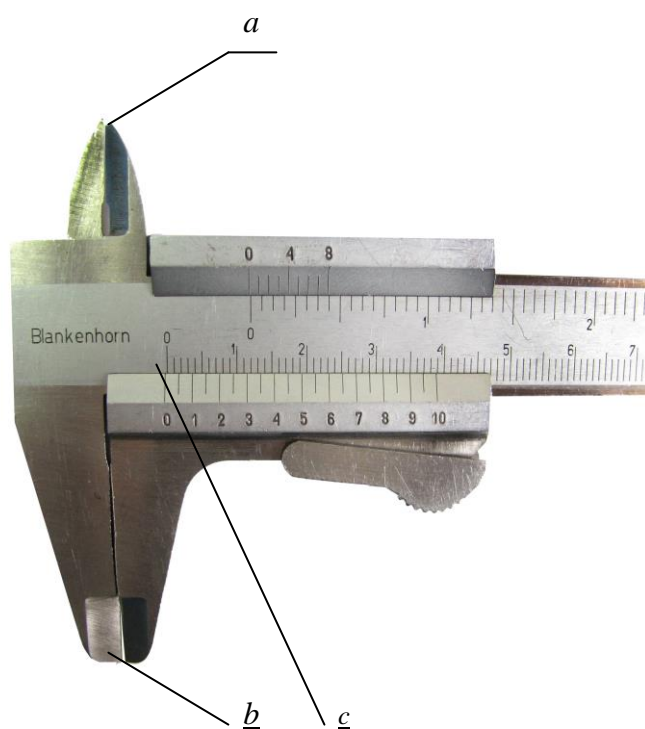
1.2. Sprawdzenie metrologiczne sposobem warsztatowym

Suwmiarka jest narzędziem pomiarowym wielofunkcyjnym. Sprawdzamy osobno szczęki płaskokrawędziowe, krawędziowe i głębokościomierz oraz inne parametry ogólne.

1.2.1. Ocena wskazań zerowych, tzw. błęd zera, oraz zużycia szczęk zewnętrznych i wewnętrznych

Badania przeprowadzamy przez dosunięcie szczęk do siebie i obserwację „pod światło”. W miejscach zużytych pojawia się szczelina świetlna (rys.1), którą należy zmierzyć szczelinomierzem lub ocenić wzrokowo i odnieść do normy PN-80/M-53130.

Uwaga: Praktykuje się wykorzystanie zużytych suwmiarek, jako tzw. pomoc warsztatową do pomiarów z dokładnością 1 mm, ale należy to wyraźnie zaznaczyć na prowadnicy. Dawniej regenerowano szczęki suwmiarek przez tzw. wyklepywanie i późniejsze ich docieranie do stanu zadowalającego. Ze względów ekonomicznych zabieg ten jest obecnie stosowany rzadko.



Rys. 1. Suwmiarka zużyta i uszkodzona:

- a) szczęka krawędziowa wyłamana,
- b) szczelina na szczękach płaskokrawędziowych,

c) brak koincydencji „zera” prowadnicy i suwaka

Brak szczeliny i innych uszkodzeń świadczy o tym, że szczęki są równe i równoległe. Następnie odczytujemy wskaz – powinno być „zero na zero” skali prowadnicy i skali suwaka – wg rys. 2.



Rys. 2. Suwmiarka prawidłowa o dokładności wskazań 0,05 mm, moduł = 2

1.2.2. Ocena błędu „zera” głębokościomierza

Suwmiarę opieramy końcem na płaskiej powierzchni (płyta pomiarowa klasy 2, płyta wzorcowa klasy 2) i usiłujemy wysunąć głębokościomierz – wg rys. 3. Następnie odczytujemy wskazania, właściwe to „zero na zero” prowadnicy i suwaka.



Rys. 3 Sprawdzenie wskazań zerowych głębokościomierza suwmiarki

1.2.3. Ocena skuteczności działania zacisku

Jeżeli dokręcony lub dociśnięty suwak nie można ruszyć z miejsca przez wywarcie lekkiej siły, to znaczy, że zacisk działa prawidłowo.

1.2.4. Ocena płynności przesuwu suwaka po przewodnicy

Niezaciśnięty suwak powinien poruszać się ciasno, ale równomiernie. Przyczyną zbyt dużego oporu jest najczęściej zabrudzenie powierzchni ślizgowych. Suwmiarki są przeważnie rozbieralne i wobec tego należy je okresowo czyścić. Nadmierny luz dyskwalifikuje suwmiarkę jako pełnowartościowe narzędzie pomiarowe, zwłaszcza gdy suwak w pozycji pionowej samorzutnie zsuwa się w dół.

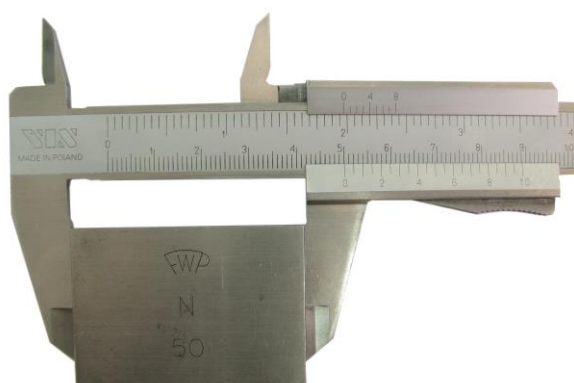
1.2.5. Ocena stopnia namagnesowania

Badania przeprowadzamy posypując czystą suwmiarkę, a zwłaszcza jej powierzchnie pomiarowe, suchymi opiłkami stalowymi, np. pochodzącymi ze szlifierki. Jeżeli nie przyczepiają się do suwmiarki, to uznajemy, że nie jest namagnesowana.

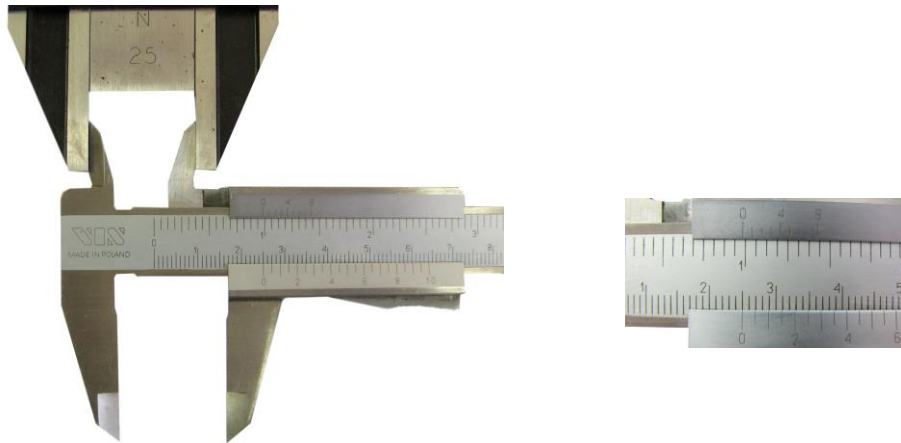
Uwaga: Namagnesowanie powstaje najczęściej od kontaktu z urządzeniami pod napięciem, np. wystarczy położyć ją na pracującym silniku elektrycznym, aby uległa namagnesowaniu. Do rozmagnesowania służą specjalne urządzenia elektryczne – demagnetyzery.

1.2.6. Sprawdzanie poprawności wskazań w pełnym zakresie pomiarowym

Najwłaściwszym sposobem jest użycie do tego celu płytek wzorcowych klasy 2, o wymiarach stanowiących ok. 20%, 50% i 90% zakresu pomiarowego. Przy okazji sprawdzamy też płaskość i równoległość szczęk – rys. 4, 5 i 6.



Rys. 4. Sprawdzanie poprawności wskazań szczęk płaskokrawędziowych płytkami wzorcowymi, wymiar 50,00 mm



Rys. 5. Sprawdzanie poprawności wskazań szczęk krawędziowych płytkami wzorcowymi w uchwycie, wymiar 25,00 mm

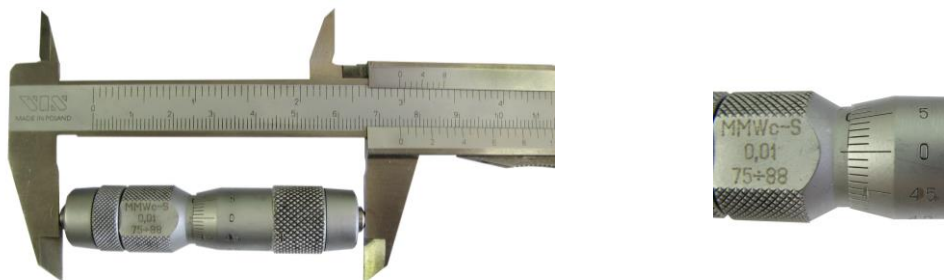
W przypadku głębokościomierza przy tej okazji wyczuwamy też właściwy dla prawidłowego pomiaru nacisk. Chodzi o to, że nadmierny nacisk doprowadza do jego uginania się, co daje błąd pomiaru.



Rys. 6. Sprawdzanie poprawności wskazań głębokościomierza suwmiarki za pomocą płytek wzorcowych

1.2.7. Sprawdzanie suwmiarki przyrządami mikrometrycznymi

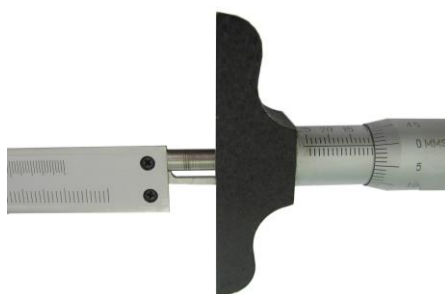
Przyrządy mikrometryczne są z reguły o klasę dokładniejsze od suwmiarek i wobec tego stanowią łatwo dostępny „wzorec” do szybkiego ich sprawdzania w warunkach warsztatowych (rys. 7, 8 i 9).



Rys. 7. Sprawdzanie poprawności wskazań szczęk płaskokrawędziowych średnicówką mikrometryczną, wymiar 75,00 mm



Rys. 8. Sprawdzenie poprawności wskazań szczęk krawędziowych mikrometrem, wymiar 10,00 mm



Rys. 9. Sprawdzenie głębokościomierza suwmiarkowego głębokościomierzem mikrometrycznym, wymiar 15,00 mm

Mikrometry są z reguły wyposażone we wzorcowe długości, które również można użyć do sprawdzania suwmiarki. W/w sprawdzania są bardzo proste i powinny być często stosowane.

1.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach średnic zewnętrznych suwmiarką (zagadnienia dotyczą bezpośrednio ćwiczenia)

Przedstawione na rysunkach przykładowe błędy pomiarowe są celowo przejawione. Trzeba jednak stwierdzić, że zwłaszcza w suwmiarkach o dokładnościach 0,05 mm i 0,02 mm, w tym również suwmiarkach elektronicznych, każde odchylenie od stanu idealnego przekłada się na błąd odczytu mierzonej wielkości.

1.3.1. Pomiar wałka szczękami płaskokrawędziowymi

- zukosowanie poprzeczne narzędzia względem przedmiotu mierzonego (rys. 10),



Rys. 10. Błąd zukosowania poprzecznego

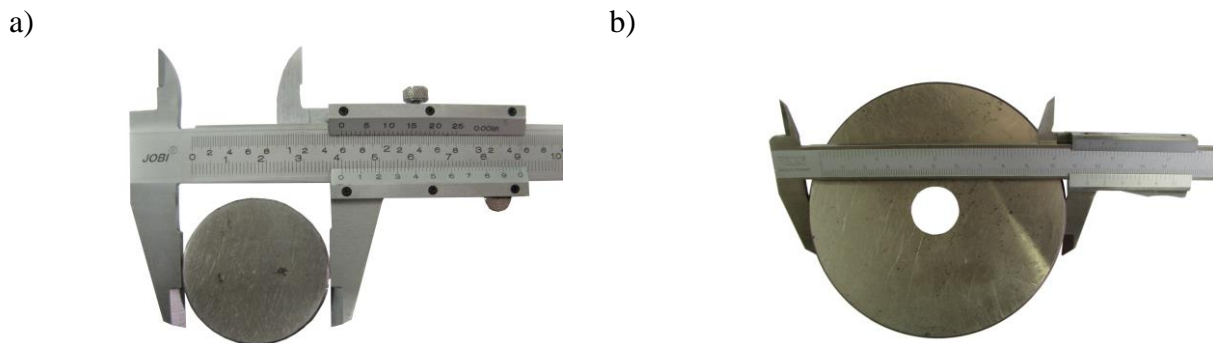
- pomiar cięciwy zamiast średnicy wg rys. 11 a) i b), najczęściej zdarza się wariant b),



Rys. 11. a), b) Pomiar cięciwy walca. Błąd pomiaru

- prawidłowy pomiar średnic szczękami płaskokrawędziowymi.

Dla prawidłowego pomiaru należy objąć cały wałek możliwie głęboko, ale na długości pomiarowej szczęk (rys. 12).



Rys. 12. Prawidłowy pomiar wałka o małej średnicy:

- a) suwmiarka o dokładności wskazań 0,02 mm, b) prawidłowy pomiar wałka o dużej średnicy

Uwaga: Należy unikać pomiaru części krawędziową, ponieważ szybko się zużywa. Gdy stwierdzimy, że pomiar jest prawidłowy, dokręcamy śrubę zaciskową (rys. a) lub dociskamy dźwignię zaciskową (rys. b) i zdejmujemy ostrożnie suwmiarkę z przedmiotu w celu dokonania odczytu. Podczas zdejmowania suwmiarki ewentualny nacisk kierujemy na szczękę stałą, zapobiegnie to odsunięciu się szczęki ruchomej. W miarę możliwości staramy się dokonać odczytu bezpośrednio na przedmiocie mierzonym, bez poruszania suwmiarki.

1.3.2. Pomiar głębokościomierzem suwmiarkowym

Najczęściej popełniane błędy:

- zukosowanie poprzeczne (rys. 13),



Rys. 13. Zukosowanie poprzeczne

- zukosowanie wzdłużne (rys. 14),



Rys. 14. Zukosowanie wzdłużne

- nadmierny nacisk na głębokościomierz (rys. 15).

Głębokościomierz jest cienki i wobec tego wiotki. Ma to szczególne znaczenie przy pomiarach dużych głębokości, ponieważ jego wyboczenie następuje wtedy bardzo łatwo, co powoduje zwiększenie wymiaru rzeczywistego.



Rys. 15. Nadmierny nacisk na głębokościomierz

Dla prawidłowego wykonania pomiaru głębokościomierz suwmiarki musi być dokładnie równoległy do tworzącej walca, z charakterystycznym wybraniem na końcu, położonym przy powierzchni mierzonej (rys. 16). Jest ono specjalnie wykonane dla ominięcia ewentualnych zanieczyszczeń lub promieni na przejściu średnic wałka.



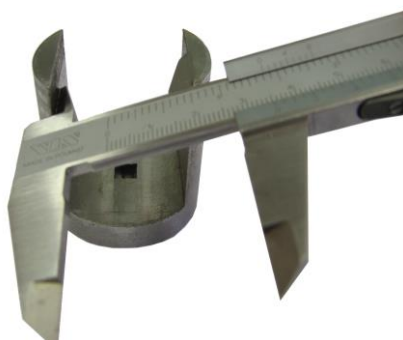
Rys.16. Poprawny pomiar głębokościomierzem suwmiarkowym. Właściwe położenie wybrania głębokościomierza

1.3.3. Pomiar szczękami krawędziowymi wymiarów wewnętrznych

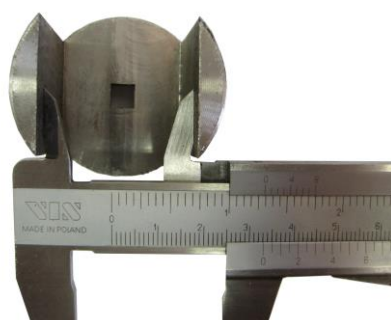
W przypadku wałków, szczęki krawędziowe służą do pomiaru szerokości wybrań, podtoczeń, rowków itp. Typowe błędy dla tych pomiarów to zukosowania wzdłużne (rys. 17) i poprzeczne (rys. 18). Pomiar prawidłowy przedstawia rys. 19. Głębokość pomiarowa, możliwa do zrealizowania, związana jest z długością szczęk i wynosi od 16 do 63 mm, w zależności od wielkości suwmiarki.



Rys. 17. Pomiar szerokości rowka – zukosowanie wzdłużne



Rys. 18. Pomiar szerokości rowka – zukosowanie poprzeczne



Rys. 19. Prawidłowy pomiar szerokości rowka

2. Mikrometr zewnętrzny

Przedmiotem opracowania jest mikrometr zewnętrzny MMZb (PN-80/M-53202 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne), który służy do pomiaru średnic zewnętrznych z dokładnością 0,01 mm. Mikrometry mają bardzo szerokie zastosowanie w budowie maszyn. Wykazują się łatwą obsługą i pewnością wskazań, a przy właściwej obsłudze dużą odpornością na uszkodzenia.

2.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo zgodnie z instrukcją znajdującą się w Dz.U.M.iP. nr 12/ 96, poz. 71 i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych,
- sprawdzanie odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych,
- sprawdzanie zmiany wskazań spowodowanej ugięciem kabłąka,
- sprawdzanie nacisku pomiarowego,
- sprawdzanie zmiany wskazań spowodowanej unieruchomieniem wrzeciona,
- wyznaczanie błędów wskazań mikrometru.

Dopuszczalne odchylenia wykonania i wskazań podane są w Dz.U.M.iP. nr 12/96 oraz w normie PN-80/M-53200 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne. Wymagania. W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

2.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

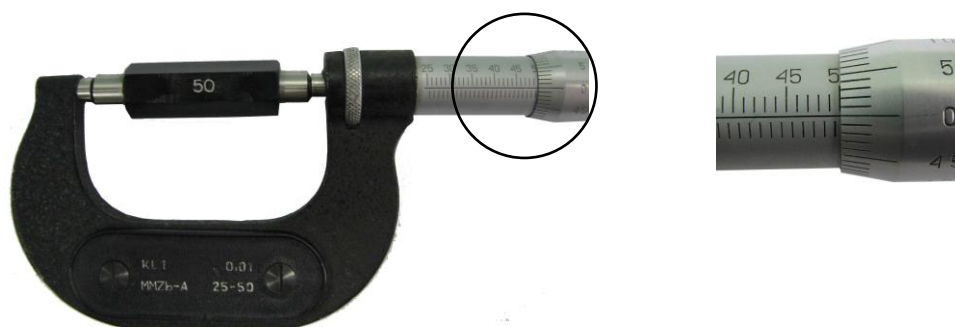
2.2.1. Oględziny zewnętrzne i ocena płynności obrotów bębna i sprzęgła

Najczęściej uszkodzenia dotyczą tulei i bębna oraz powierzchni pomiarowych wrzeciona i kowadełka. Te ostatnie polegają zazwyczaj na wytarciu i rysach powstałych na skutek tarcia, głównie wrzeciona o powierzchnie mierzonego przedmiotu. Tarcie można zminimalizować przez wprawną obsługę i lekkie natłuszczenie powierzchni, ale całkowite wyeliminowanie jest bardzo trudne. Możliwe są też zabrudzenia i korozja. Bęben powinien obracać się płynnie, bez zacięć. Po zaciśnięciu się wrzeciona i kowadełka na badanym przedmiocie, sprzęgło powinno obracać się z charakterystycznym grzechotem, bez dalszego obrotu bębna.

2.2.2. Ocena wskazań dokonana na wzorcach nastawczych

Wzorce MMZm, odpowiadające normie PN-88/M-53201 Narzędzia pomiarowe. Wzorce nastawcze do mikrometrów zewnętrznych, są na wyposażeniu każdego mikrometru.

Uwaga: Badania te, wg rys. 20, należy powtarzać jak najczęściej. Budowa mikrometru umożliwia korektę ewentualnych błędów wskazań. Oczywiście okresowo należy sprawdzać również wzorce nastawcze, np. przy pomocy płytek wzorcowych.



Rys. 20. Sprawdzanie poprawności wskazań mikrometru na wzorcu MMZm. Wymiar 50,00 mm

2.2.3. Ocena nacisku pomiarowego pochodzącego od sprzęgła

Powinien zapewniać dokładne doleganie kowadełka i wrzeciona do mierzonego przedmiotu, po uprzednim parokrotnym przekręceniu sprzęgła, tzw. grzechotki. Nacisk powinien powodować wyciskanie oleju z powierzchni mierzonej.

2.2.4. Ocena zacisku

Wrzeciono unieruchomione zaciskiem nie powinno obracać się po przyłożeniu momentu wywołanego przez obrót sprzęgła. Jednocześnie jego użycie nie powinno powodować zmiany wskazów.

2.2.5. Ocena stopnia namagnesowania

Ocenę stopnia namagnesowania, zwłaszcza powierzchni pomiarowych kowadełka i wrzeciona, należy przeprowadzać wg pkt. II. 1.2.5. Niezależnie od tego, przed każdym pomiarem trzeba oczyścić je przy pomocy czystej i suchej szmatki, aż do uzyskania lustrzanego połysku, ponieważ mogą przylepić się również zanieczyszczenia niemetaliczne.

2.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach mikrometrem (zagadnienia dotyczą bezpośrednio ćwiczenia)

2.3.1. Zukosowanie narzędzia

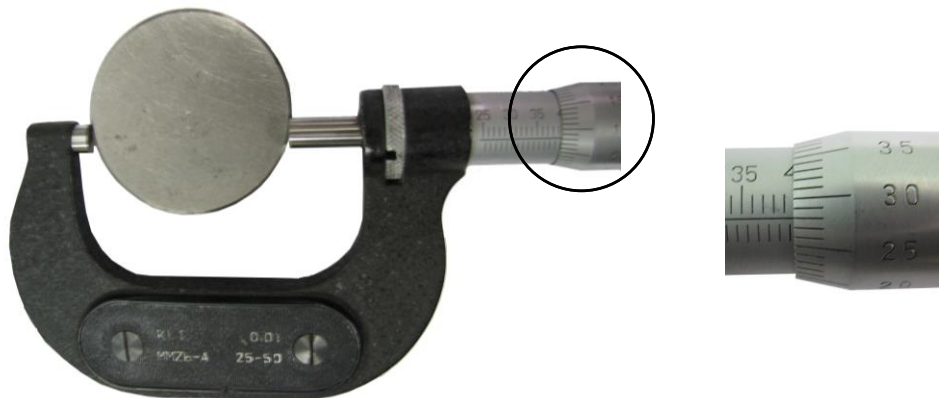
Zdarza się niewłaściwe objęcie wałka wzdłuż jego tworzącej (rys. 21). Daje to wymiar nadmierny.



Rys. 21. Zukosowanie mikrometru na wałku. Wymiar $\phi 40,87 \text{ mm}$ ($\phi 40^{+0,87}$)

2.3.2. Pomiar cięciwy wałka zamiast średnicy

Zdarza się niepełne objęcie wałka, tzn. po cięciwie, jak na rys. 22. Daje to wymiar zaniżony.



Rys. 22. Pomiar cięciwy. Wymiar $\phi 39,78 \text{ mm}$ ($\phi 40^{-0,22}$)

2.3.3. Nieprawidłowe dokręcanie śruby mikrometrycznej

Dokręcanie śruby mikrometrycznej bębniem zamiast sprzęgłem. Może to spowodować rozkalibrowanie narzędzia, a nawet trwałe uszkodzenie, ponieważ bęben (nakrętka) jest bezpośrednio połączony ze śrubą (wrzecionem).

2.3.4. Błąd odczytu wskazań

W obrębie zera zdarza się pomylić wartości malejące „setek” z narastającymi. Prawidłowe odczyty przedstawia rys. 23.



Rys. 23. Prawidłowe wskazzy na bębnie mikrometra:

a) wymiar 5,00 mm, b) wymiar 4,95 mm ($5^{-0,05}$), c) wymiar 5,05 mm ($5^{+0,05}$)

2.4. Pomiar właściwy wałka

Prawidłowy pomiar następuje wtedy, gdy kowadełko i wrzeciono znajdują się wzdłuż średnicy wałka i prostopadle do jego tworzącej (rys. 24). Jednocześnie między powierzchniami pomiarowymi a mierzonymi nie ma żadnych zanieczyszczeń.



Rys. 24. Właściwe ustawienie mikrometru względem mierzonego wałka. Wymiar $\phi 40,09$ ($\phi 40^{+0,09}$)

Wzorce zarysu gwintu

Przedmiotem opracowania jest wzorzec zarysu gwintu MMGc (PN-88/M-53395 Narzędzia pomiarowe. Wzorce zarysu gwintu metrycznego), tzw. „grzebień”, który służy do pomiarów podziałki i określenia kąta zarysu gwintu (metryczny lub inny). Szczególnie gwinty nacinane nożem tokarskim na skutek niewłaściwego naostrzenia mogą mieć odchyłkę od właściwego kąta zarysu. Błąd ten zostanie wychwycony za pomocą „grzebienia” w postaci prześwitu na krawędzi wzorca.

3.1. Sprawdzanie metrologiczne

Brak instrukcji w dziennikach urzędowych miar i probiernictwa. Najwłaściwsze są pomiary parametrów geometrycznych, ujęte w normie PN-88/M-53395, przy użyciu mikroskopu, za pomocą płytek kątowych.

3.2. Sprawdzanie metrologiczne w warunkach warsztatowych

Należy dokonać oględzin przez lupę lub przyłożenie do sprawdzianu gwintowego wg rys. 25.



Rys. 25. Sprawdzanie płytki wzornika gwintu na sprawdzianu do gwintu. Pełne doleganie krawędzi

3.3. Najczęściej spotykane błędy pomiarów podziałki gwintu wzornikiem

3.3.1. Mylenie gwintu metrycznego z calowym

Wynika to stąd, że w pewnych zakresach podziałki gwintu metrycznego i calowego są bardzo zbliżone do siebie, choć różnią się kątem zarysu (60° lub 55°).

3.3.2. Niewłaściwy dobór podziałki

Niewłaściwy dobór podziałki gwintu „grzebienia” do badanej śruby lub nakrętki (skoku – dla gwintu jednozwojnego) możliwy jest zwłaszcza przy małych wymiarach podziałki,

np. $P = 0,2 \text{ mm}$ i $P = 0,25 \text{ mm}$, szczególnie na krótkich odcinkach pomiarowych. Jest to bardzo prawdopodobne przy pomiarach gwintu w nakrętce, ze względu na brak możliwości dobrej obserwacji stopnia przylegania.

3.3.3. Mylenie podziałki ze skokiem

Zjawisko dotyczy gwintów wielozwojnych. Gwint wielozwojny należy rozpoznać wzrokowo, najlepiej oglądając go od czoła śruby.

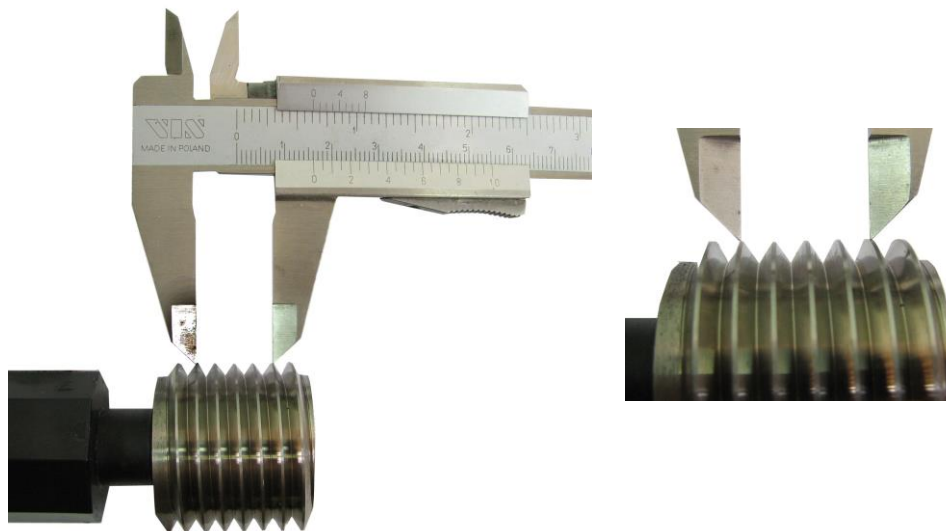
3.4. Właściwe określanie podziałki gwintu (zagadnienie dotyczy bezpośrednio ćwiczenia)

Należy starannie i cierpliwie dobierać wzorniki, aż do całkowitego styku na całej ich długości z badanym gwintem (rys. 25). Styk na całej długości wzornika gwarantuje, że nie pomylimy gwintu metrycznego z calowym, a na krótkich odcinkach pomiarowych jest to możliwe.

Uwaga: Gwint metryczny ma kąt wierzchołkowy 60° , a calowy 55° .

3.5. Pomiar podziałki gwintu suwmiarką (zagadnienie dotyczy bezpośrednio ćwiczenia)

Do pomiaru podziałki gwintu suwmiarką (rys. 26) należy uwzględnić kilka zwojów, co zwiększa dokładność obliczeń.



Rys. 26. Pomiar podziałki gwintu suwmiarką

Podziałkę P (skok) obliczamy dzieląc uzyskany wymiar przez ilość objętych pomiarem zwoi. Na rysunku nr 26 mamy:

- wymiar: $w = 16 \text{ mm}$ – odczyt na suwmiarce,

- ilość zwojów: $n = (1/2 + 3 + 1/2) = 4$,
- to podziałka $P = w/n = 16 / 4 = 4$ [mm].

Należy zwrócić uwagę, że tym sposobem nie można określić kąta zarysu gwintu, tzn. calowy czy metryczny, a niektóre ich podziałki są do siebie bardzo podobne.

3.6. Pomiar innych parametrów gwintu zewnętrznego (zagadnienie dotyczy bezpośrednio ćwiczenia)

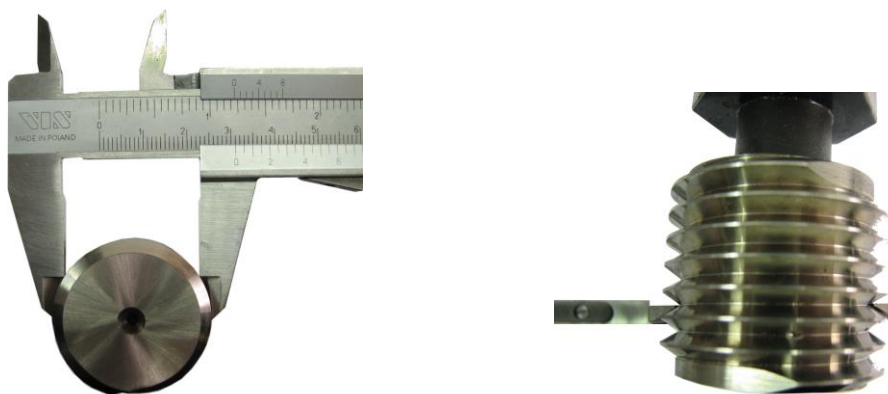
- suwmiarką dokonujemy pomiaru średnicy zewnętrznej gwintu (rys. 27), a uzyskaną wartość zaokrąglamy do najbliższego, wyższego wymiaru znormalizowanego wg PN.



Rys. 27. Pomiar średnicy zewnętrznej gwintu

Z tego pomiaru uzyskujemy średnicę znamionową gwintu, np. wymiar zewnętrzny ϕ 19,8 oznacza gwint M20,

- suwmiarką, szczękami krawędziowymi, mierzymy średnicę wewnętrzną, tj. rdzenia gwintu. Pomiar ten obarczony jest pewnym błędem wynikającym ze zukosowania szczęk w rowku gwintu (rys. 28). Błąd ten jest tym większy, im większy jest skok gwintu,



Rys. 28. a), b) Pomiar średnicy rdzenia gwintu

- suwmiarką mierzymy również podtoczenia, podcięcia, zatoczenia, które mogą wystąpić na gwincie.

W/w metody pomiarowe można również stosować do innych rodzajów gwintów, po uwzględnieniu ich specyfiki.

Uwaga: Kierunek zwojów (lewy lub prawy) i ich krotność oceniamy wzrokowo – wg rys. 29.



Rys. 29. Rodzaje gwintów: a) gwint lewy, b) gwint prawy

3. Wzorce łuków kołowych (zagadnienie dotyczy bezpośrednio ćwiczenia)

Przedmiotem opracowania są wzorce łuków kołowych MWKc (PN-87/M-53396 Narzędzia pomiarowe. Wzorce łuków kołowych), tzw. promieniomierze, które służą do pomiaru małych promieni zewnętrznych i wewnętrznych. Promienie (łuki) towarzyszą zmianie średnicy sąsiednich czopów.

4.1. Sprawdzenie metrologiczne wzorców łuków

Brak instrukcji w Dziennikach Urzędowych Miar i Probiernictwa.

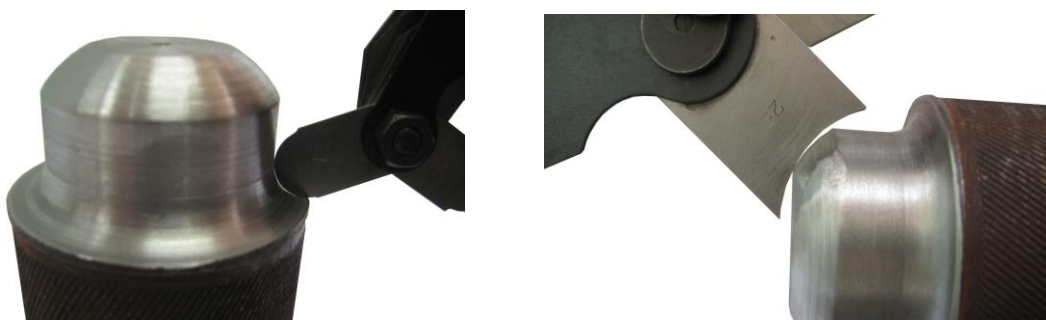
Sprawdzanie sposobem warsztatowym polega na:

- przeprowadzaniu oględzin pod mikroskopem, przy pomocy okręgów wzorcowych,
- minimum to oględziny przez lupę,
- sprawdzenie magnesowania wg pkt. II.1.2.5.

Wymagania dla wzorców łuków kołowych podaje norma PN-87/M-53396.

4.2. Typowe błędy powstające przy stosowaniu wzorców łuków kołowych

Błędy powstające przy stosowaniu wzorców łuków kołowych związane są głównie z niewłaściwym ich doborem – przykłady na rysunkach nr 30 i 31.



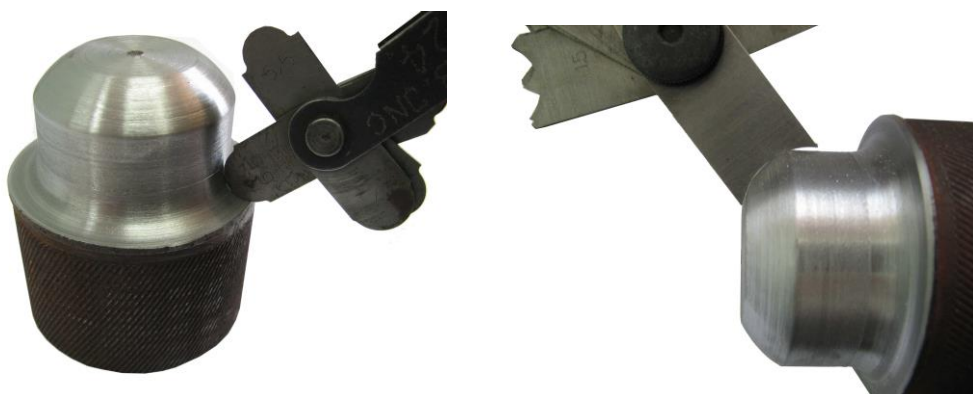
Rys. 30. Nadmierny promień wzornika łuku



Rys. 31. Zbyt mały promień wzornika łuku

4.3. Właściwy pomiar promienia

Pomiar właściwy jest wtedy, gdy promieniomierz dokładnie dolega do badanego przedmiotu (rys. 32). Należy również zwrócić uwagę na zukosowania wzornika względem mierzonego promienia. To zjawisko również może być powodem błędów wskazań.



Rys. 32. Właściwie dobrany promień wzornika łuku: wewnętrzny i zewnętrzny

Uwaga: Dopuszcza się ocenę wielkości promienia metodą interpolacji szczeliny świetlnej, tj. średniej z wartości nadmiernej i zbyt małej dwóch użytych wzorników, np. wg rys. 30 i 31. Wielkość promienia, zwłaszcza wewnętrznego, ma szczególnie ważne znaczenie na czopach osadnych łożysk, kół zębatych, sprzęgieł, hamulców itp. Dotyczy to nie tylko promieni zbyt małych, lecz także nadmiernych oraz odchyłek ich kształtu. Natomiast promieniomierze zewnętrzne mają zastosowanie do oceny np. czopów kulistych, kul itp. – wyrobów, których wykonanie w warunkach warsztatowych jest dość trudne.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 2

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie Katedra Mechaniki i Budowy Maszyn	Imię i nazwisko studenta		
	Imię i nazwisko prowadzącego		
	Wydział		Grupa
	Rok studiów	Semestr	Rok akademicki
	Ocena	Podpis	Uwagi
Metrologia warsztatowa – laboratorium pomiarowe			

Temat: Pomiary wymiarów zewnętrznych, wewnętrznych, mieszanych i pośrednich

Pomiar wałka

Ćwiczenie odbyło się dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
---------------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

1. Manualne opanowanie typowych narzędzi pomiarowych, jak: suwmiarka, mikrometr, wzorniki gwintu i łuków kołowych.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych narzędzi pomiarowych.
3. Przygotowanie wałka do pomiarów.
4. Dokumentowanie wyników pomiarów, w tym:
 - szkicowanie przedmiotu mierzonego razem z planem wymiarów,
 - analiza szczegółowa wybranej średnicy z określeniem rodzaju i wartości odchyłek kołowości i walcowości,
 - rozpoznawanie i zwymiarowanie gwintu zewnętrznego oraz określenie jego podstawowych parametrów z norm.
5. Umiejętność posługiwania się polskimi normami.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe

1. Wymiary: wewnętrzne, zewnętrzne, mieszane i pośrednie.
2. Noniusz: identyfikacja i przeznaczenie.
3. Suwmiarka: budowa, przeznaczenie i sprawdzanie.
4. Mikrometr: budowa, przeznaczenie i sprawdzanie.
5. Wzorce gwintu.
6. Wzorce łuków kołowych.
7. Tolerancje i pasowania.

Zadania dodatkowe

1. Gwinty.
2. Określanie promieni.
3. Wymiarowanie.

III. Literatura

Literatura podstawowa

1. Norma PN-80/M-53130 Narzędzia suwmiarkowe. Przyrządy suwmiarkowe. Wymagania.
2. Norma PN-82/M-53200 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne. Wymagania.
3. Norma PN-88/M-53201 Narzędzia pomiarowe. Wzorce nastawcze do mikrometrów zewnętrznych.
4. Norma PN-88/M-53395 Narzędzia pomiarowe. Wzorce zarysu gwintu metrycznego.
5. Norma PN-87/M-53396 Narzędzia pomiarowe. Wzorce łuków kołowych.
6. Norma PN-ISO 129 Rysunek techniczny. Wymiarowanie. Zasady ogólne. Definicje. Metody wykonania i oznaczenia specjalne.
7. Norma PN-ISO 724 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Wymiary nominalne.
8. Norma PN-EN 20286-2 Układ tolerancji i pasowań ISO. Tablice klas tolerancji normalnych oraz odchyłek granicznych otworów i wałków.

Literatura dodatkowa

1. Norma PN-ISO 965-1 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje. Część 1: Zasady i dane podstawowe.
2. Norma PN-ISO 965-2 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje. Część 2: Wymiary graniczne gwintów zewnętrznych i wewnętrznych ogólnego przeznaczenia. Klasa średnio dokładna.

3. Norma PN-ISO 965-3 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje.
Część 3: Odchyłki gwintów maszynowych.
4. Norma PN-ISO 1302 Rysunek techniczny. Oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni.
5. Norma PN-EN ISO 6411 Rysunek techniczny. Przedstawianie uproszczone nakiełków wewnętrznych.
6. Norma PN-91/M-02168/01 Tolerancje ogólne. Tolerancje wymiarów liniowych i kątowych bez tolerancji indywidualnych.
7. Norma PN-87/M-04251 Struktura geometryczna powierzchni. Chropowatość powierzchni. Wartości liczbowe parametrów.
8. Norma PN-85/M-04254 Struktura geometryczna powierzchni obrabianych. Porównawcze wzorce chropowatości powierzchni obrabianych.
9. Norma PN-79/M-53088 Narzędzia pomiarowe. Wałeczki pomiarowe do gwintów.
10. Norma PN-80/M-53202 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne.
11. Norma PN-73/M-53214 Narzędzia pomiarowe. Mikrometry zewnętrzne do gwintów.
12. Norma PN-73/M-53216 Narzędzia pomiarowe. Końcówki pomiarowe wymienne do średnic podziałowych gwintów.
13. Norma PN-74/M-54602 Płytki interferencyjne płaskie.
14. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 6/96.
15. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 7/96.
16. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 12/96.
17. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 27/96.
18. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 4/99.

IV. Szkic odręczny mierzonego przedmiotu (wałka) wraz z planem wymiarów

V. Dobór i sprawdzanie przyrządów pomiarowych

1. Suwmiarka MAUd:
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - dopuszczalny błąd przyrządu wg PN-80/M-53130.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
2. Mikrometr zewnętrzny MMZb:
 - zakres pomiarowy.....

- dokładność wskazań.....
- dopuszczalny błąd przypadku f_i wg PN-82/M-53200.....
- sprawdzanie metrologiczne na wzorcu MMZm.....

3. Wzornik łuków kołowych MWKc:

- odchyłki graniczne $\pm T_p/2$ promieni R wg PN-87/M-53396.....

4. Wzornik gwintu zarysu MWGa:

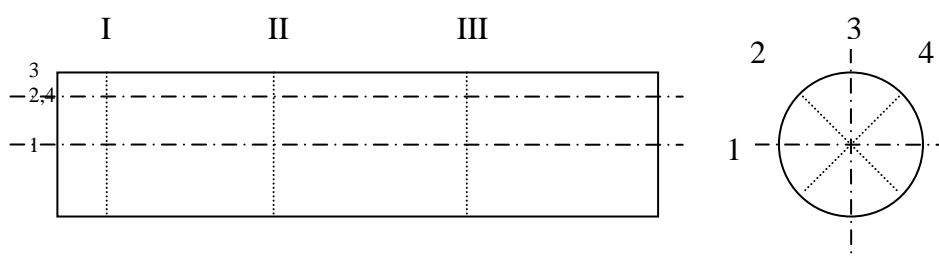
- odchyłki graniczne podziałki $\pm T_p/2$ wg PN-88/M-53395.....

Uwaga: Dopuszczalny błąd oraz odchyłki graniczne odczytujemy z norm dla konkretnych wskazań narzędzia pomiarowego.

VI. Przebieg pomiarów

1. Pomiar suwmiarką wymiarów liniowych wraz z naniesieniem ich na plan wymiarów szkicu z dokładnością [0,1mm]. Są to wymiary ostateczne!
2. Pomiar suwmiarką wymiarów średnic wraz z naniesieniem ich na plan wymiarów – wymiary nominalne [mm]. Są to wymiary bazowe dla pomiarów dokładniejszych.
3. Pomiar mikrometrem średnic wraz z naniesieniem wyników (odchyłek) na wymiary nominalne [0,01mm]. Dokładność zapisu [0,01 mm].
4. Na wybranej średnicy wałka wykonać zagęszczoną liczbę pomiarów (12 pomiarów, tj. 3 x 4) mikrometrem wg siatki na szkicu obok. Wyniki wpisać do tabeli i określić błędy kształtu:
 - stożkowość, baryłkowość, siodłowość, (przekroje 1, 2, 3, 4),
 - owal, graniastość, (przekroje I, II, III).

Siatka pomiarów dla wybranej średnicy wałka. Wymiary należy wpisać do tabeli I, II, III – przekroje pomiarowe poprzeczne. 1, 2, 3, 4 – przekroje pomiarowe wzdłużne.



Średnica [mm]	Odchyłki [0,01 mm]			Rodzaj i wartość odchyłki walcowości
	I	II	III	
1				

d =	2				
	3				
	4				
Rodzaj i wartość odchyłki okrągłości					

5. Pomiar promieni wzorcem zarysu kołowego i naniesienie na szkic [0,1mm].

6. Pomiar gwintu:

– pomiar średnicy zewnętrznej gwintu suwmiarką [0,1mm], $d_z = \dots\dots\dots$

– pomiar podziałki gwintu wzornikiem gwintu (grzebień), odczyt $P = \dots\dots\dots$

– pomiar podziałki gwintu suwmiarką przez n zwoi, str. 27; $n = \dots\dots\dots$, $w = \dots\dots\dots$,

$$P = w/n = \dots\dots\dots$$

Uzyskane wyniki (d_z , P) odnieść do PN-ISO 724 i nanieść wymiar znamionowy gwintu na szkic, np. M20 x 2: $\dots\dots\dots$

VII. Zadania

1. Wskazać wymiary mieszane i pośrednie $\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

2. Dobrać pasowanie i klasę dokładności średnic wg uzyskanych wyników pomiaru przy założeniu normalnych klas w budowie maszyn $\phi \dots\dots\dots$, $\phi \dots\dots\dots$

3. Dobrać tolerancję wymiarów liniowych z zamknięciem łańcucha wymiarowego (na szkicu).

4. Określić odchyłki okrągłości w tabeli.

5. Określić odchyłki walcowości w tabeli.

6. Wnioski dotyczące technologii pomiarów wałka: $\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

III. Wprowadzenie do Laboratorium nr 3

Pomiar otworu

Cel laboratorium

Celem tych zajęć jest zapoznanie się z problematyką pomiarów otworów. Tuleja jest przedstawicielem szerszej grupy części maszyn posiadających otwór walcowy. Należą do niej również koła zębate i pasowe, sprzęgła i hamulce, łożyska toczne i ślizgowe, pierścienie itp. Wspólną ich cechą jest:

- dokładność wykonania najczęściej na poziomie od 6 do 9 klasy tolerancji dokładności wg PN-EN 20286-2,
- podobne pasowania, najczęściej wg zasady stałego otworu,
- chropowatość najczęściej w zakresie R_a od 1,25 do 5.

W związku z tym pomiary w/w części wykonywane są tym samym sprzętem.

Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych

1. Suwmiarka jednostronna

Przedmiotem oceny jest suwmiarka jednostronna Maja (norma PN-79/M-53131 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy suwmiarkowe), służąca do pomiarów średniokładnych – gabarytowych, z dokładnością 0,1 lub 0,05 mm. Pomiar tą suwmiarką wymiarów wewnętrznych (otworów) możliwy jest tylko od średnicy większej niż 10 mm, ponieważ tyle wynosi łączna szerokość szczęk walcowych (rys. 33). Szczęki te sprawiają, że jest ona bardziej odporna na zużycie, jak i uszkodzenia. Do otworów o średnicach mniejszych należy stosować suwmiarki ze szczękami krawędziowymi (uniwersalne), opisane w pkt. II.1.

1.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo zgodnie z instrukcją ujętą w Dz.U.M.iP. nr 6/ 96, poz. 25 oraz 4/ 99, poz. 39 i obejmuje:

- sprawdzanie odchylenia od wymiaru nominalnego łącznej szerokości szczęk płaskowalcowanych i promienia ich zaokrąglenia,
- sprawdzanie odchylenia od płaskości i prostoliniowości powierzchni pomiarowych,
- sprawdzanie odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych płaskich,
- wyznaczanie błędów wskazań.

Dopuszczalne odchylenia podane są w Dz.U.M.iP. nr 6/96 i w normie nr PN-80/M-53130 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy suwmiarkowe. Wymagania. W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz umiejętności i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

1.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

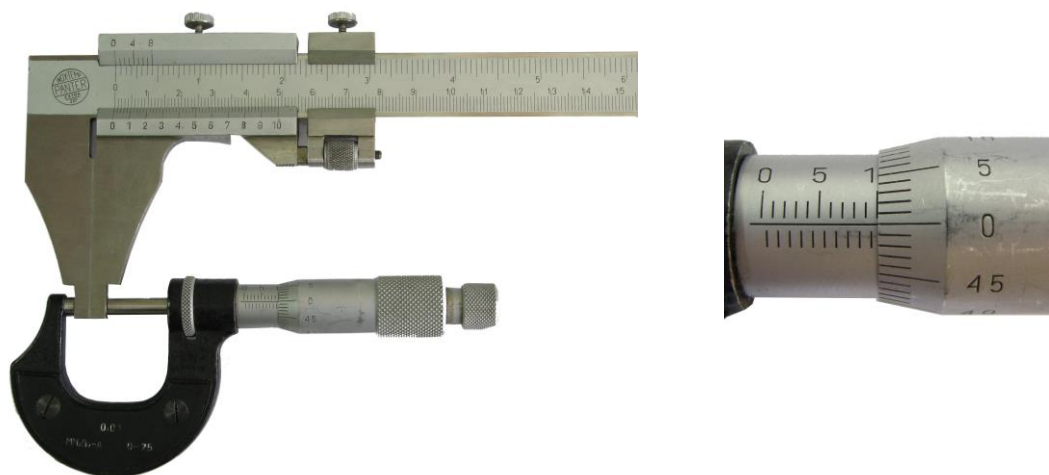
1.2.1. Ocena wskazań zerowych tzw. „błąd zera” oraz zużycia powierzchni pomiarowych płaskich

Badania przeprowadzamy przez dosunięcie szczęk do siebie i obserwację ich pod światło. W miejscach zużytych pojawia się szczelina świetlna, którą należy zmierzyć szczelinomierzem, a wynik odnieść do wymagań normy PN-80/M-53130. Brak szczeliny i innych uszkodzeń świadczy o tym, że szczęki są równe i równoległe. Następnie odczytujemy wskaz – powinno być „zero na zero” skali prowadnicy i skali suwaka – rys. 2. w rozdziale II. 1.2.1.

Uwaga: Do pomiarów otworów powierzchnie wewnętrzne szczęk nie są potrzebne. Jeżeli ich ubytki nie rzutują na wskaz powierzchni zewnętrznych, to taką suwmiarkę można warunkowo dopuścić do pomiaru otworów – wyłącznie! Badania wg 1.1.2. poniżej.

1.2.2. Ocena wskazań powierzchni płaskowalcowanych (zewnętrznych)

Badanie przeprowadzamy w kilku miejscach przez pomiar mikrometrem zaciśniętych szczęk wg rys. 33. Powinno być 10 mm z odchyłką maksymalnie $\pm 50 \mu\text{m}$.



Rys. 33. Badanie powierzchni płaskowalcowanych suwmiarki – wymiar na mikrometrze 10,00 mm, a wskaz suwmiarki 0 mm

1.2.3. Ocena skuteczności działania zacisku

Jeżeli suwaka nie można ruszyć z miejsca przez lekki nacisk, tzn., że zacisk działa poprawnie.

1.2.4. Ocena stopnia namagnesowania

Badania przeprowadzamy wg pkt. II. 1.2.5.

1.2.5. Ocena płynności przesuwu suwaka

Badania przeprowadzamy wg pkt. II.1.2.4.

1.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach otworów

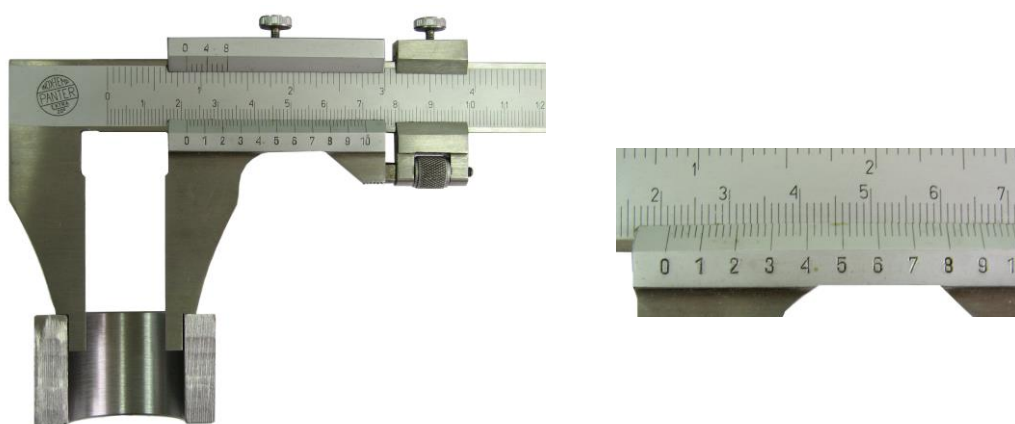
1.3.1. Zukosowania

Zukosowania powstają podobnie jak w rozdziale II.1.3. Jednak w przypadku otworów znacznie trudniej zorientować się, czy pomiar wykonujemy poprawnie, ponieważ nie widać ułożenia szczęk suwmiarki. Pomiar otworów wymaga dużej wprawy.

Uwaga: Większość błędów sprawia, że uzyskany wymiar jest zaniżony. Oznacza to, że wymiar największy z serii pomiarów jest najbliższy prawdy.

1.3.2. Błąd „10 mm”

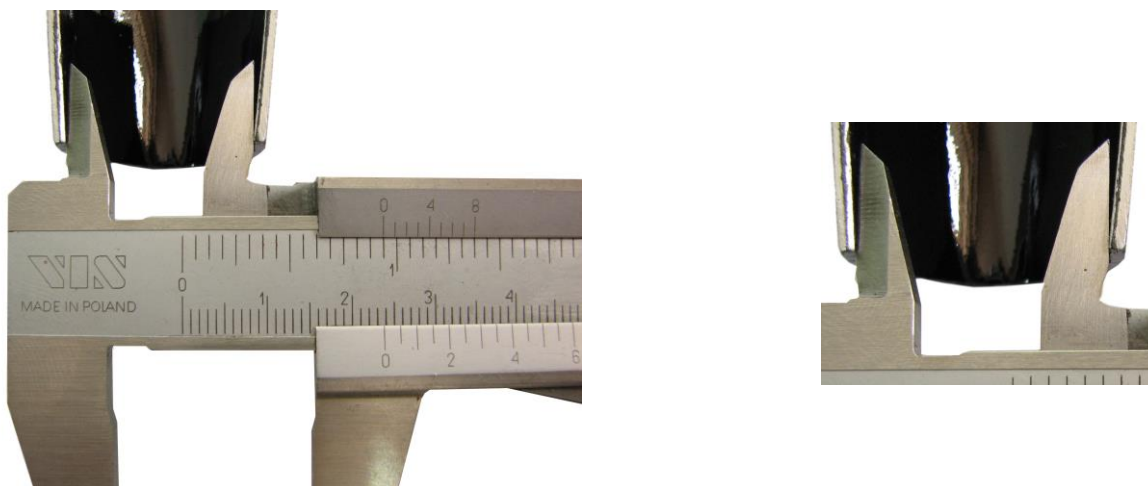
Szerokość szczęk płaskowalcowanych wynosi najczęściej 10 mm (rzadziej 5 mm), oznacza to, że wymiarowi rzeczywiście 10 mm odpowiada wskaz na skali 0 mm, a 15 mm to 5 mm itd. Trudno pomylić się o 10 mm przy małych wymiarach, ale łatwo zapomnieć o tej zasadzie przy większych średnicach (rys. 34).



Rys. 34. Pomiar suwmiarką otworu $\Phi 31,5$ mm. – wskaz 21,5 mm. Dokładność wskazań 0,02 mm

1.3.3. Błąd kształtu mierzonego otworu

Głębokość mierzonych otworów uzależniona jest od długości szczęk i wynosi 6 do 20 mm. Jednak korzystanie z całej długości szczęk niesie ryzyko popełnienia błędu wynikającego z kształtu mierzonego otworu – przykład na rys. 35. Stożkowość, baryłkowość, siodłowość i inne nieprawidłowości wykonania otworu rzutują na wynik pomiaru. Jak widać na rysunku, suwmiarką mierzymy zawsze średnicę najmniejszą. Jednocześnie stwierdzenie tych uchybień, zwłaszcza w otworze o małej średnicy, jest trudne, a nawet niemożliwe. Z tego powodu do dokładności uzyskanych suwmiarką wymiarów otworów należy podchodzić bardzo ostrożnie. Tym bardziej, że części typu tuleja są podatne na zdeformowanie. Pełniejszy obraz mierzonego otworu uzyskamy, mierząc go na różnych głębokościach.



Rys. 35. Pomiar suwmiarką otworu stożkowatego – średnica na wejściu najmniejsza

1.4. Prawidłowy pomiar otworu

Brak możliwości wizualnej oceny stopnia dolegania szczęk do powierzchni mierzonej można zrekomensować przez wsunięcie ich równo na całej długości „do oporu”, wg rys. 34. Ponieważ najczęściej krawędź jest prostopadła do osi otworu to fakt, że szczęki ustawione są prostopadle do krawędzi otworu, oznacza równoległość do jego tworzącej. Nie możemy oczywiście uniknąć błędu wynikającego z kształtu otworu, ale zminimalizuje się wszystkie pozostałe, tzn. z powodu niewłaściwego ustawienia szczęk. W miarę możliwości wskaz odczytujemy bez wyjmowania suwmiarki z otworu.

2. Średnicówka mikrometryczna

Średnicówka mikrometryczna MMWa (wg PN-76/M-53245 Narzędzia pomiarowe. Średnicówki mikrometryczne) lub MMWc (wg PN-76/M-53246) – brak publikacji.

Średnicówki mikrometryczne służą do pomiarów otworów dużych, powyżej 75 mm – dla średnicówek składanych – lub od 50 mm – dla średnicówek stałych o dokładności wskazań 0,01 mm. Zmianę zakresu pomiarowego uzyskuje się przez dokładanie odpowiednich przedłużaczy.

2.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo, zgodnie z instrukcją wg Dz.U.M.iP. nr 12/96, poz. 70 i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie konstrukcji i wykonania,
- wyznaczanie błędów wskazań.

W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego wyposażenia oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

2.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

2.2.1. Oględziny zewnętrzne

Sprawdzamy głównie stan wskazów i napisów oraz szukamy ewentualnych uszkodzeń i zabrudzeń połączeń gwintowych.

2.2.2. Sprawdzanie poprawności wskazań wymiaru podstawowego – 75 mm (ważne dla przebiegu ćwiczenia)



Rys.36. Sprawdzanie poprawności wskazań średnicówki. Wymiar 75,00 mm

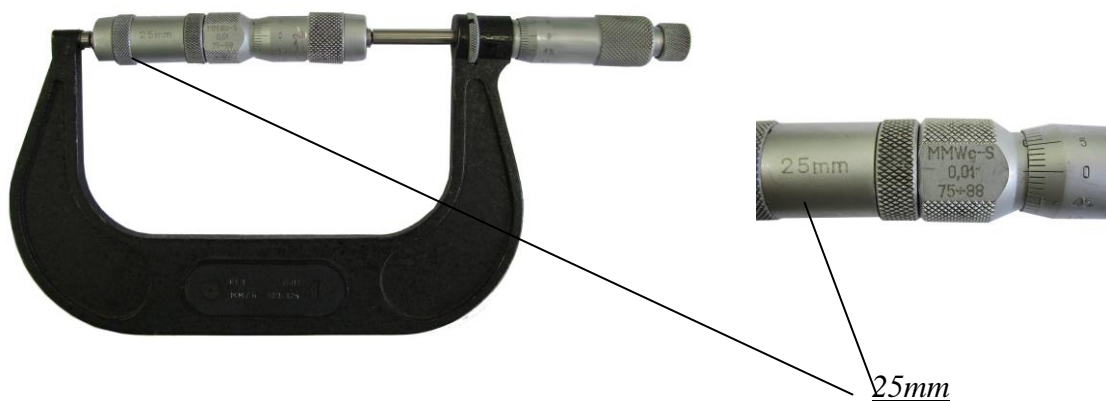
Wzorzec szczękowy (rys. 36) z nacechowanym wymiarem rzeczywistym służy do sprawdzania średnicówek bez przedłużaczy.

Uwaga: Średnicówki mikrometryczne nie mają sprzęgła ustalającego maksymalny moment obrotowy dokręcania. Sprawdzając poprawność wskazań, powinniśmy jednocześnie „wyczuć” w palcach siłę odpowiednią do właściwego zrealizowania pomiaru.

2.2.3. Sprawdzanie średnicówki z przedłużaczem

Sprawdzanie średnicówki z przedłużaczem należy dokonać na płytkach wzorcowych w uchwycie lub metodą warsztatową na mikrometrze (rys. 37). Mikrometr powinien być wcześniej sprawdzony na wzorcach nastawczych.

Uwaga: Mikrometr jest tej samej klasy dokładności co średnicówka, dlatego zabieg ten trzeba przeprowadzić bardzo starannie.



Rys. 37. Sprawdzanie średnicówki z przedłużaczem 25 mm, wymiar łączny 100,00 mm

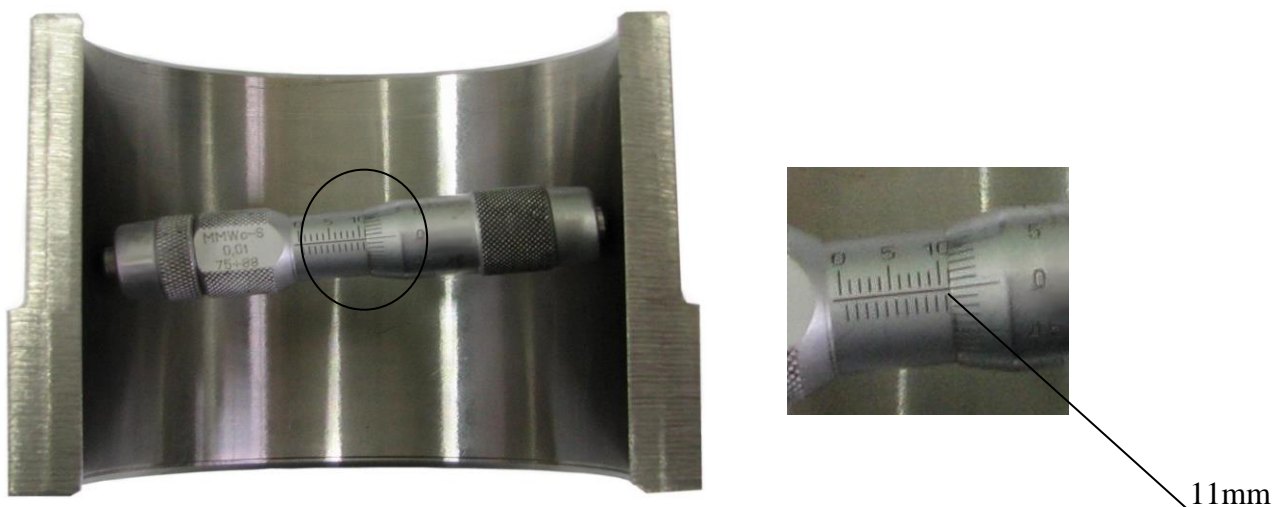
2.2.4. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach otworów średnicówką mikrometryczną (ważne dla przebiegu ćwiczenia)

Pomiar średnicówką mikrometryczną nastręcza szereg trudności związanych z jej budową, jak i specyfiką samego mierzenia:

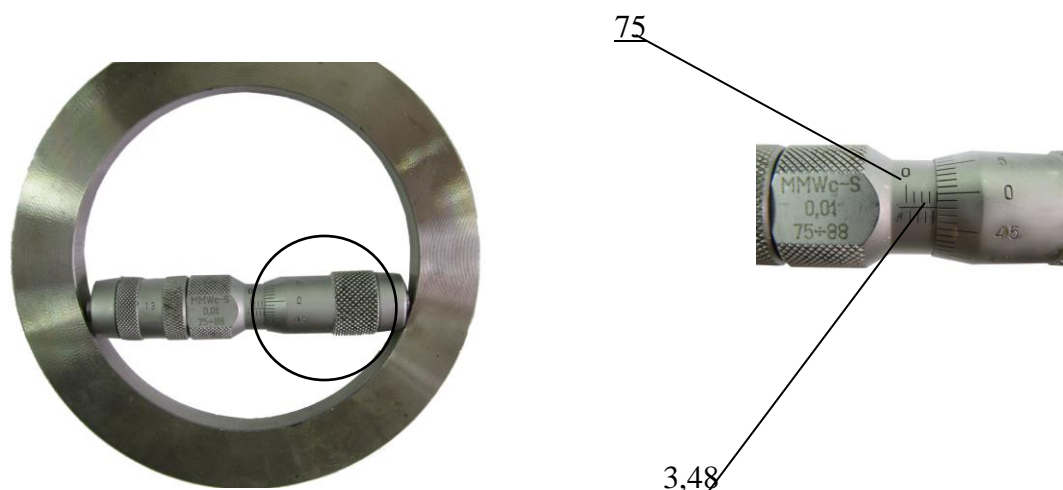
- nadmierne lub niedostateczne dokręcenie bębna – patrz pkt. III. 2.2.2.,
- niedokręcenie przedłużaczy,
- zukosowanie średnicówki w otworze (rys. 38),
- pomiar cięciwy zamiast średnicy (rys. 39),
- źle zliczone długości przedłużaczy.

Średnicówka mikrometryczna, w odróżnieniu od mikrometru, nie posiada ani sprzęgła przeciążeniowego, ani też blokady uzyskanego wskazu. Utrudnia to sam pomiar, jak i późniejszy pewny odczyt. Wyjmowanie średnicówki z mierzonego otworu może towarzyszyć

zmiana nastawionych wskazów. Z tego powodu należy starać się odczytać wyniki pomiaru bez wyjmowania średnicówki z otworu.



Rys. 38. Zukosowanie średnicówki w otworze – wymiar ϕ 86 mm ($75,00 + 11,00$)

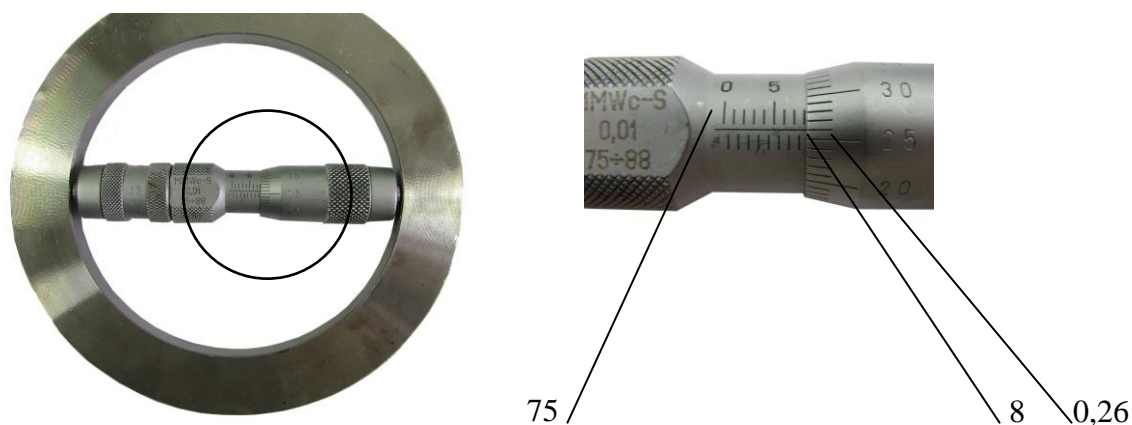


Rys. 39. Pomiar cięciwy zamiast średnicy (błąd) – wymiar ϕ 78,48 (ϕ 75 + 3,48)

2.2.5. Pomiar prawidłowy (ważne dla przebiegu ćwiczenia)

Pomiar otworu średnicówką mikrometryczną jest trudny z tego powodu, że najczęściej nie widzimy w/w błędów. Szczególnie utrudniony jest pomiar otworów małych i długich – konieczna staje się umiejętność obsługi średnicówki jedną ręką.

Uwaga: Wypróbowanym sposobem na ocenę prawidłowości ułożenia średnicówki w otworze jest jej obrót o 360° wokół własnej osi. W położeniu właściwym, tj. wzdłuż średnicy otworu (rys. 40), obracana średnicówka pozostaje na miejscu. Źle ułożona przesuwa się na bok lub wzdłuż otworu i wypada z niego.



Rys. 40. Pomiar poprawny średnicy średnicówką mikrometryczną – wymiar $\phi 83,26$ ($\phi 80^{+3,26}$), $75 + 8 + 0,26$

Ze względu na możliwość „przeciągnięcia” bębna pomiarowego na śrubie, należy jak najczęściej dokonywać sprawdzania prawidłowości wskazań średnicówki na sprawdzianie szczękowym. Czynność tę najlepiej wykonać nie tylko przed, lecz także po pomiarach. Po stwierdzeniu odchyłek wskazów, pomiary należy powtórzyć od momentu wcześniejszych badań narzędzia, oczywiście po uprzednim skorygowaniu nastaw odczytu bębna.

W celu uzyskania żądanego zakresu pomiarowego, do średnicówki dodaje się odpowiednie przedłużacze, np. rys. 40 – przedłużacz $l = 8$ mm. Składa się je przez skręcanie połączeń gwintowych. Należy je tak dobierać, aby całość składała się z jak najmniejszej ich liczby. Dokręcać należy starannie, nie na siłę, zwracając uwagę, aby gwinty były czyste i nieuszkodzone.

Uwaga: Zdarza się błędne zliczenie wszystkich przedłużaczy (zwłaszcza z udziałem przedłużacza o wymiarze 13 mm). Po skręceniu wszystkich elementów, całość należy zmierzyć suwmiarką, aby upewnić się o prawidłowości uzyskanego wymiaru nominalnego. Czynność tę należy powtórzyć po wykonaniu pomiarów.

3. Mikrometr wewnętrzny szczękowy

Mikrometr wewnętrzny szczękowy MMWd (PN-64/M-53247 Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe jednostronne) o zakresie pomiarowym od 5 do 30 mm i MMWc (PN-61/M-53248 Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe dwustronne) o zakresie pomiarowym od 5 do 55 mm. Dokładność wskazań mikrometrów wewnętrznych wynosi 0,01 mm. Obecnie są one coraz rzadziej stosowane, ponieważ zostają wypierane przez średnicówki czujnikowe. Poważnym mankamentem mikrometrów wewnętrznych są krótkie szczęki pomiarowe – 10 mm. Ogranicza to ich możliwości pomiarowe do bardzo płytkich otworów. Zaletą mikrometrów wewnętrznych, w porównaniu ze średnicówką mikrometryczną, jest posiadanie sprzęgła przeciążeniowego, co wyklucza możliwość „przeciągnięcia” wskazań.

3.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Brakuje instrukcji w zbiorze Dzienników Urzędowych Miar i Probiernictwa. Sprawdzenie należy wykonać wg instrukcji dotyczącej mikrometrów zewnętrznych – Dz.U.M.iP. nr 12/96, poz. 71, a wyniki odnieść do wymagań w/w norm.

3.2. Sprawdzenie metrologiczne sposobem warsztatowym

3.2.1. Oględziny zewnętrzne

Najczęściej uszkodzeniu ulegają szczęki oraz tuleja i bęben, a zabrudzeniom kresy i oznaczenia. Szczęki, ze względu na swą delikatność, mogą łatwo ulec wygięciu. Sprawdzić to można przez ich zaciśnięcie i obserwację „pod światło”. Brak szczeliny świetlnej oznacza, że szczęki nie są wygięte. W innym przypadku należy pilnie sprawdzić wskaz powierzchni pomiarowych zewnętrznych (rys. 41).

3.2.2. Sprawdzenie płynności obrotów bębna

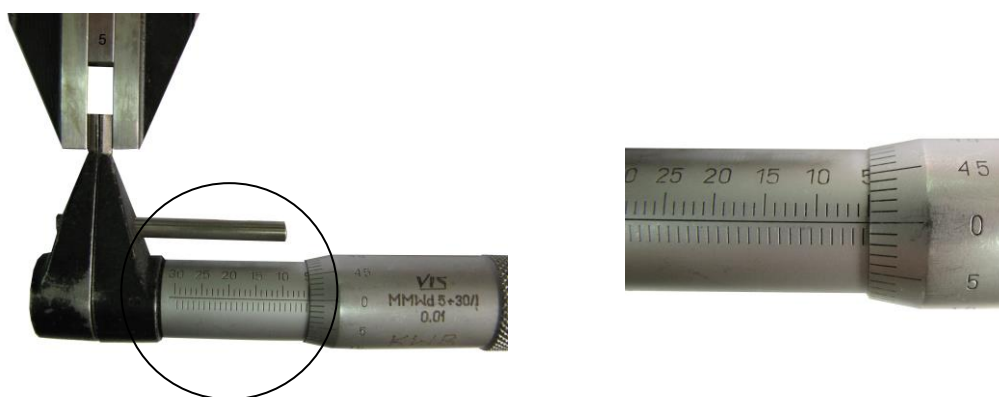
Bęben mikrometru powinien obracać się lekko, bez zmian oporu i zacięć.

3.2.3. Sprawdzenie pracy sprzęgła

Prawidłowo działające sprzęgło podczas dokręcania wydaje charakterystyczny grzechot. W tym momencie siła nacisku szczęk powinna sprawiać dokładne ich doleganie do mierzonych powierzchni, oczywiście przy właściwym ułożeniu w otworze.

3.2.4. Sprawdzenie wskazań 5 mm

Jest to podstawowe badanie metrologiczne mikrometru wewnętrznego. Odpowiada ono badaniom „zera” w suwmiarkach lub dolnego wskaz w mikrometrach zewnętrznych.



Rys. 41. Sprawdzenie wskazań 5,00 mm mikrometru wewnętrznego

3.2.5. Sprawdzanie wskazań maksymalnych na płytkach wzorcowych w uchwycie

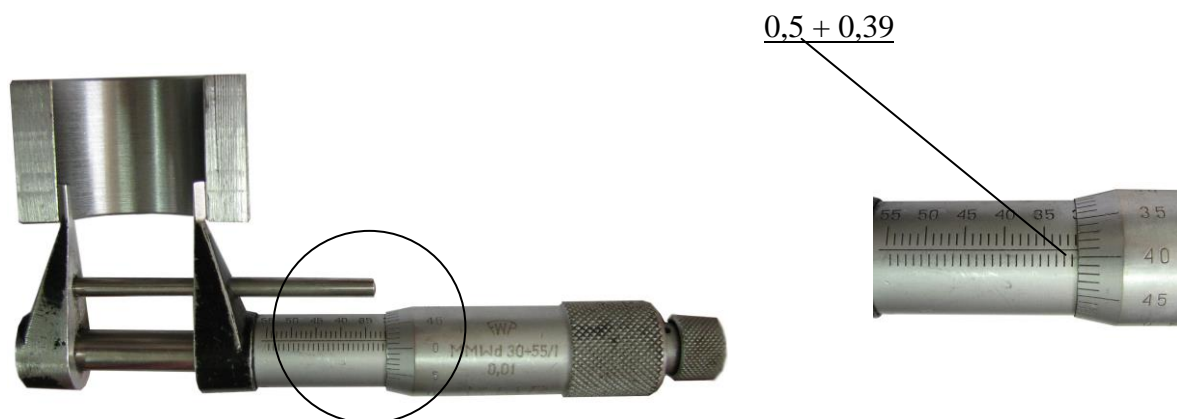
Należy złożyć z płytek wymiar 30 mm lub 55 mm i sprawdzić wskaz mikrometru, podobnie jak wskaz 5 mm na rys. 41.

3.3. Typowe błędy przy pomiarach mikrometrem wewnętrznym

Błędy przy pomiarach mikrometrem wewnętrznym są identyczne jak w przypadku średnicówek mikrometrycznych – patrz rozdz. II. Dodatkowo trzeba zwrócić uwagę, że wyskalowanie tulei jest odwrotne niż w mikrometrze i średnicówce mikrometrycznej, co może być powodem błędu odczytu.

3.3.1. Pomiar prawidłowy (ważne dla przebiegu ćwiczenia)

Kryteria właściwie przeprowadzonego pomiaru są identyczne jak dla suwmiarki ze szczękami krawędziowymi (pkt II.1.3.5.). Szczęki mikrometru muszą dolegać na całej swojej długości do powierzchni otworu.



Rys. 42. Pomiar prawidłowy. Wymiar 30,89 ($30^{+0,89}$)

4. Średnicówka z czujnikiem zegarowym

Średnicówka z czujnikiem zegarowym, tzw. średnicówka czujnikowa (PN-64/M-53265 Warsztatowe środki miernicze. Średnicówki z czujnikiem zegarowym), służy do pomiaru otworów z dokładnością do 0,01 mm. Średnicówki czujnikowe są bardzo popularnym środkiem pomiarowym, możliwym do stosowania w długich otworach i w produkcji masowej.

4.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo, zgodnie z instrukcją wg Dz.U.M.iP. nr 11/96, poz. 58 i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie konstrukcji i wykonania,
- sprawdzanie nacisku pomiarowego średnicówki,
- sprawdzanie nacisku pomiarowego mostka środkującego,
- wyznaczanie zakresu rozrzutu wskazań,
- wyznaczanie błędu wskazań.

Uzyskane wyniki należy odnieść do wymagań ustalonych w Dz.U.M.iP. nr 11/96 i PN-64/M-53265. W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego wyposażenia oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

4.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

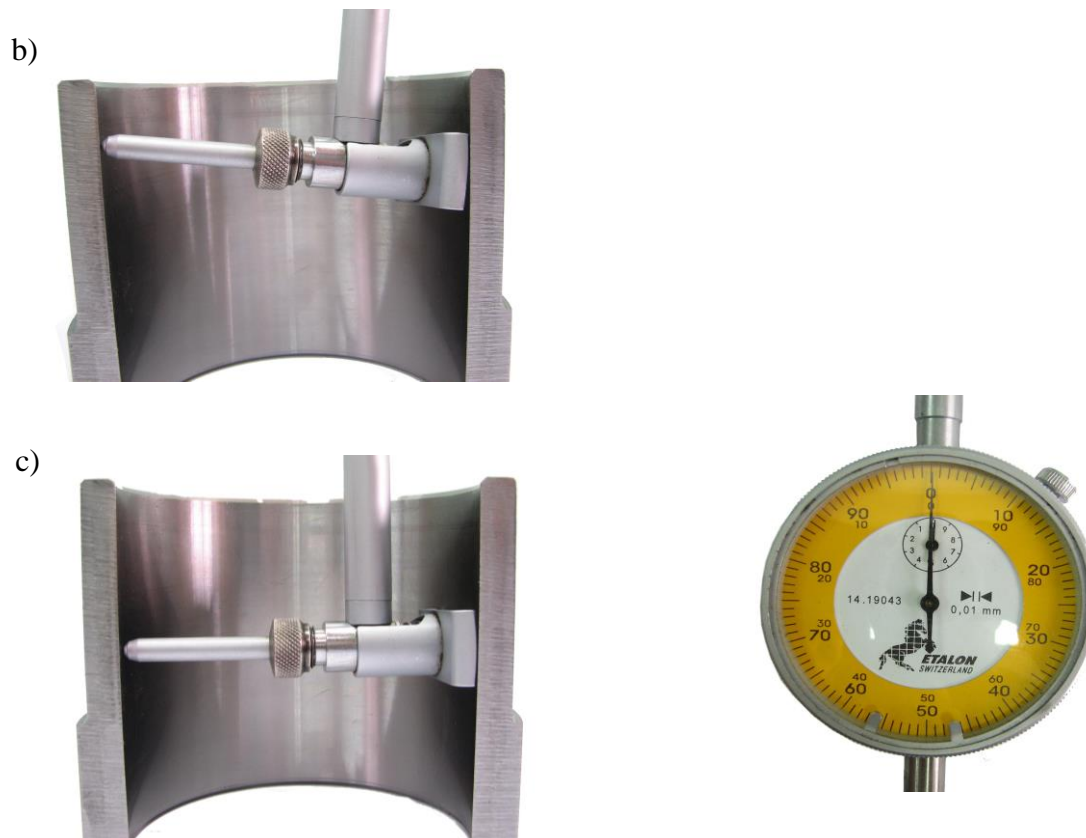
Pomiar średnicówką czujnikową ma charakter odniesieniowy, tzn. wskaz na tarczy zegarowej czujnika pokazuje odchylenie od wcześniej wyskalowanej wartości. Przed przystąpieniem do skalowania należy do przetwornika średnicówki zamontować właściwą, tj. najbliższą mierzonej wielkości końcówkę pomiarową, ewentualnie uzupełnioną o podkładki regulacyjne. Skalowanie polega na wstawieniu części pomiarowej średnicówki pomiędzy wykalibrowane powierzchnie wzorcowe. Mogą to być:

- pierścienie wzorcowe,
- płytki wzorcowe w uchwycie,
- mikrometry.

4.2.1. Skalowanie średnicówki w pierścieniu wzorcowym

Jest to najwłaściwszy sposób skalowania, ponieważ biorą w nim udział wszystkie elementy pomiarowe średnicówki, co odpowiada idealnie późniejszym warunkom pomiarowym. Zabieg należy przeprowadzić wg rys. 43.





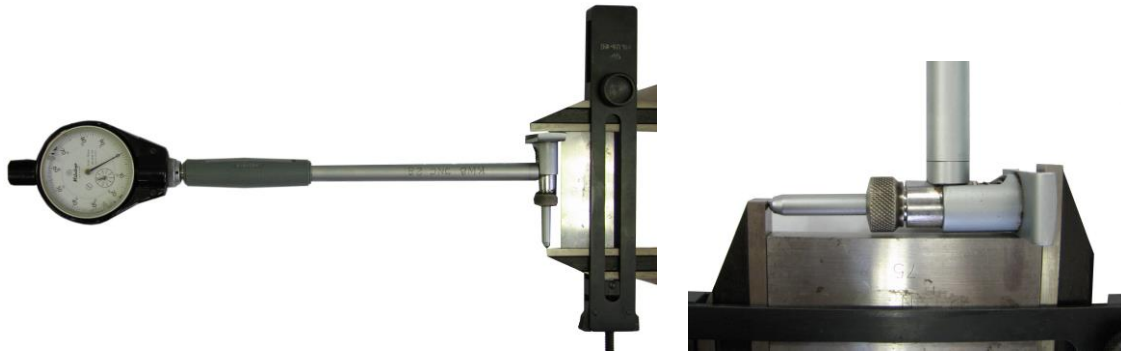
Rys. 43. Skalowanie średnicówki czujnikowej w otworze wzorcowym

- a) przechył w lewo – wychylenie wskazówki w „plus”,
- b) przechył w prawo – wychylenie wskazówki w „plus”,
- c) ustawienie właściwe do zerowania tarczy zegara – wychylenie wskazówki jest minimalne

Przechylaniu średnicówki w lewo i w prawo towarzyszy przejście wskazówki długiej przez wskaz minimalny. Należy go uchwycić wzrokowo i w to miejsce przekreślić wartość zerową na tarczy zegarowej. Dla celów pomiarowych należy również zapamiętać położenie wskazówki małej, aby później nie pomylić się o równy milimetr lub jego wielokrotność.

4.2.2. Skalowanie na płytkach wzorcowych

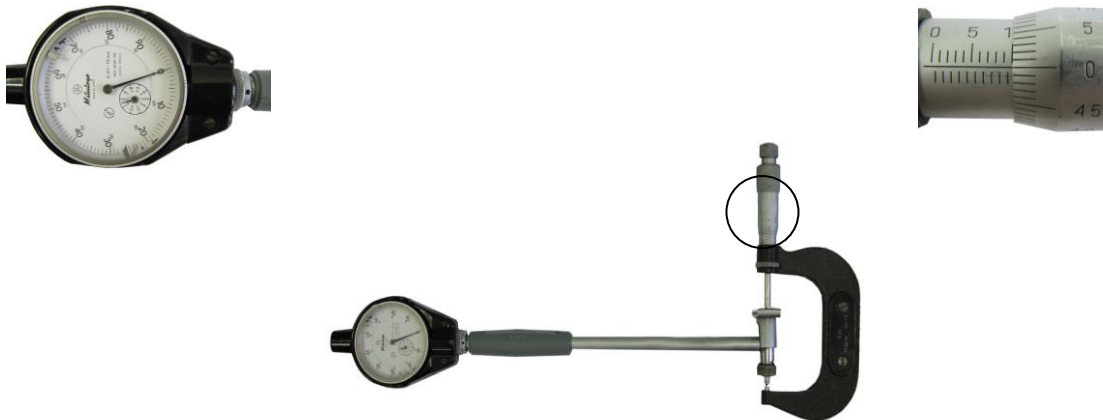
Skalowanie na płytkach wzorcowych odbywa się w sposób podobny jak w pierścieniu, ale bez udziału mostka pomiarowego, który jest na zewnątrz płytek (rys. 44).



Rys. 44. Skalowanie średnicówki czujnikowej na płytkach wzorcowych w uchwycie

4.2.3. Skalowanie średnicówki czujnikowej na mikrometrze

Jest to sposób najprostszy, ponieważ mikrometr jest zawsze „pod ręką.” Oczywiście najpierw należy sprawdzić poprawność wskazań mikrometra.



Rys. 45. Skalowanie średnicówki czujnikowej na mikrometrze – zerowe wskazy mikrometru i na tarczy czujnika zegarowego

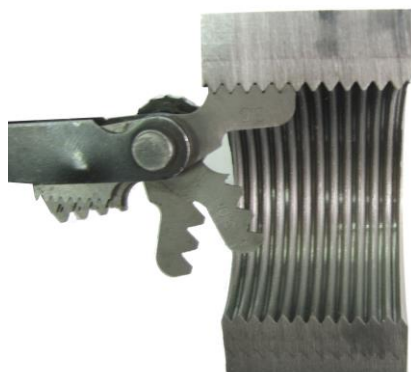
W tym sposobie od razu ustawiamy wskaz na „zero”, ponieważ ze względu na małą powierzchnię kowadełka i wrzeciona nie można dokonywać wychyleń średnicówki.

4.2.4. Pomiar prawidłowy (ważne dla przebiegu ćwiczenia)

Pomiar prawidłowy należy dokonać wg pkt. 4.2.1. – rys. 43c. Jego istotą jest wzrokowe uchwycenie minimalnego wychylenia wskazówki długiej. Każde inne jej położenie, czyli wskaz większy, pokazuje wskaz błędny (rys. 43a, b).

5. Pomiar otworu gwintowanego – podstawowe zasady

Podstawowymi parametrami metrologicznymi gwintu jest średnica zewnętrzna i podziałka (skok), określane przykładowo M16x1,5. W oznaczeniu tym M oznacza gwint metryczny, 16 to średnica zewnętrzna wyrażona w milimetrach, a 1,5 to wymiar podziałki – również w milimetrach. Pomiar tych parametrów jest łatwy w przypadku śruby, ale bardzo trudny dla nakrętki. W nakrętce zmierzyć można tylko średnicę wewnętrzną gwintu. Dla określenia średnicy zewnętrznej konieczna jest norma np. PN-ISO 724 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Wymiary nominalne lub inna, odpowiednia do rodzaju mierzonego gwintu. Po zmierzeniu średnicy wewnętrznej odczytujemy z tabeli średnicę zewnętrzną (znamionową). W omawianym przypadku będzie średnica zmierzona: $D_w = 14,4$ mm, to średnica znamionowa z tabeli, $D = 16$ mm. Jednocześnie możemy odczytać z tabeli wartość podziałki tego gwintu $P = 1,5$ mm. Pomiar podziałki można też zrealizować wzornikiem gwintu, ale trudno ocenić jego przyleganie, stąd metoda ta jest bardzo niepewna, zwłaszcza przy małych średnicach. Pomiar średnicy wewnętrznej należy dokonać i odczytać starannie, ponieważ sąsiednie podziałki mają niewiele różniące się średnice wewnętrzne.



Rys. 46. Pomiar podziałki gwintu wewnętrznego wzornikiem

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 3

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie	Imię i nazwisko studenta		
	Imię i nazwisko prowadzącego		
	Wydział		Grupa
	Rok studiów	Semestr	Rok akademicki
	Ocena	Podpis	Uwagi
Metrologia warsztatowa – laboratorium pomiarowe			

Temat: Pomiary wymiarów zewnętrznych, wewnętrznych, mieszanych i pośrednich

Pomiar otworu

Ćwiczenie odbyło się dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
---------------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

1. Manualne opanowanie narzędzi pomiarowych.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych narzędzi pomiarowych.
3. Przygotowanie otworu do pomiarów.
4. Dokumentowanie wyników pomiaru:
 - szkicowanie przedmiotu w przekroju wraz z planem wymiarów,
 - analiza szczegółowa wybranej średnicy z określeniem rodzaju i wartości odchyłki kołowości i walcowości,
 - rozpoznanie i zwymiarowanie gwintu wewnętrznego.
5. Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

II. Zadania kontrolne

1. Noniusz: identyfikacja i przeznaczenie.
2. Suwmiarka: budowa i sprawdzanie.
3. Średnicówka mikrometryczna: budowa i sprawdzanie.
4. Średnicówki czujnikowe: budowa i sprawdzanie.
5. Metodyka pomiaru średnicy otworu.
6. Metodyka pomiaru otworu gwintowanego: normy na gwinty. wzorce zarysu gwintu.
7. Mikrometry wewnętrzne.
8. Tolerancje i pasowania.

Zadania dodatkowe

1. Gwinty.
2. Wymiarowanie.
3. Rysunek techniczny. Przekroje.

III. Literatura

Literatura podstawowa

1. Norma PN-80/M-53130 Narzędzia suwmiarkowe. Przyrządy suwmiarkowe. Wymagania.
2. Norma PN-76/M-53245 Narzędzia pomiarowe. Średnicówki mikrometryczne.
3. Norma PN-64/M-53265 Warsztatowe środki miernicze. Średnicówki z czujnikiem zegarowym.
4. Norma PN-88/M-53395 Narzędzia pomiarowe. Wzorce zarysu gwintu metrycznego.
5. Norma PN-65/M-53247 Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe jednostronne.
6. Norma PN-64/M-53248 Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe dwustronne.
7. Norma PN-ISO 724 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Wymiary nominalne.
8. Norma PN-EN 20286-2 Układ tolerancji i pasowań ISO. Tablice klas tolerancji normalnych oraz odchyłek granicznych otworów i wałków.

Literatura dodatkowa

1. Norma PN-85/M-02001 Gwinty. Terminologia.
2. Norma PN-91/M-02168/01 Tolerancje ogólne. Tolerancje wymiarów liniowych i kątowych bez tolerancji indywidualnych.
3. Norma PN-ISO 129 Rysunek techniczny. Wymiarowanie. Zasady ogólne. Definicje. Metody wykonania i oznaczenia specjalne.

4. Norma PN-EN ISO 1302 Rysunek techniczny. Oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni.
5. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 6/96.
6. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 4/99.
7. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 12/96.
8. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 11/96.

IV. Szkic odręczny mierzonego przedmiotu

V. Dobór i sprawdzanie narzędzi pomiarowych

1. Suwmiarka MAUd:
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - dopuszczony błąd przyrządu wg PN-80/M-53130.....
 - sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....
2. Średnicówka mikrometryczna MMWc:
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - odchyłki f_A i f_T wg PN-76/M-53245.....
 - sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....

3. Średnicówka czujnikowa MDAh:
- zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - dopuszczalne błędy wskazań wg PN-64/M-53265.....
 - sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....

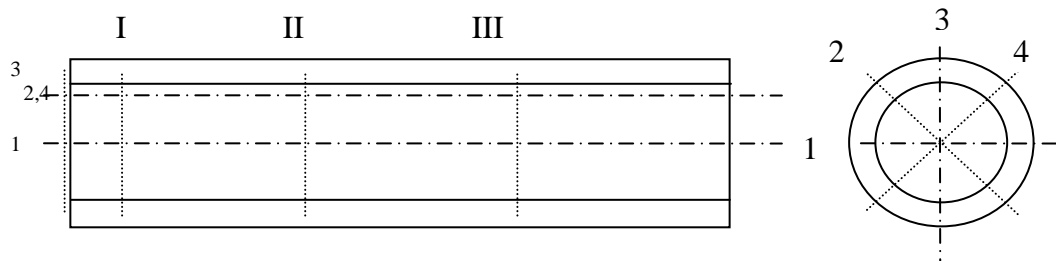
4. Mikrometr wewnętrzny MMWd:
- zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - granice dopuszczalnych błędów wskazań wg PN-65/M-53247.....
 - sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....

Uwaga: Dopuszczalny błąd oraz odchyłki graniczne odczytujemy z norm dla konkretnych wskazań narzędzia pomiarowego.

VI. Przebieg pomiarów

1. Pomiar suwmiarką wymiarów wzdłużnych razem z naniesieniem ich na plan wymiarów szkicu z dokładnością 0,1 [mm].
2. Pomiar suwmiarką wymiarów średnic otworów razem z naniesieniem ich na plan wymiarów – wymiary nominalne [mm].
3. Pomiar średnicówką mikrometryczną otworów wraz z naniesieniem wyników (odchyłek) na wymiary nominalne [0,01 mm].
4. Na wybranej średnicy wykonać średnicówką czujnikową zagęszczoną liczbę pomiarów (12, tj. 3 x 4) z dokładnością [0,01 mm], wg siatki, wpisać je do tabelki i określić błędy kształtu:
 - stożkowatość, baryłkowość, siodłowość,
 - owalność, graniastość.

Siatka pomiarów dla wybranej średnicy otworu. Wymiary należy wpisać do tabeli: I, II, III – przekroje pomiarowe poprzeczne, 1, 2, 3, 4 – przekroje pomiarowe wzdłużne.



Średnica [mm]	Odchyłki [0,01 mm]			Rodzaj i wartość odchyłki walcowości
	I	II	III	
d =	1			
	2			
	3			
	4			
Rodzaj i wartość odchyłki okrągłości				

5. Pomiar mikrometrem wewnętrznym otworów małych razem z naniesieniem wyników (odchyłek) na wymiary nominalne [0,01 mm].

VII. Analiza wyników pomiarów

1. Wskazać wymiary mieszane i pośrednie.....
2. Dobrać pasowania i klasę dokładności średnic (przy założeniu normalnych klas dokładności w budowie maszyn) ϕ ϕ
3. Dobrać tolerancje wymiarów liniowych z zamknięciem łańcucha wymiarowego – na szkicu.
4. Wnioski dotyczące techniki pomiaru otworów, narzędzia, metody unikania błędów, analiza wyników:.....

IV. Wprowadzenie do Laboratorium nr 4

Pomiary kątów, zbieżności i pochyłeń

Cel laboratorium

Celem zajęć jest zapoznanie się z problematyką pomiarów kątów, zbieżności i pochyłeń. Dotyczy to części maszyn typu klin, a także odchyłek od prostoliniowości i prostopadłości. Prostoliniowość i prostopadłość są głównymi cechami kątowymi wszystkich części maszyn. Kliny występują najczęściej parami złącznymi, jak klin i rowek klinowy, pochylenie wewnętrzne i zewnętrzne. Idealne ich skojarzenie jest warunkiem poprawnej pracy. Kliny i pochylenia mają wiele cech wspólnych:

- zbliżone tolerancje katowe, tj. klasa dokładności od 5 do 8, wg PN-83/M-02122,
- takie same zasady pasowania,
- podobne klasy chropowatości, tj. R_a od 0,63 do 2,5.

W związku z tym pomiary w/w części maszyn dokonujemy tym samym sprzętem.

Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych

1. Kątomierz uniwersalny

Przedmiotem opracowania jest kątomierz uniwersalny noniuszowy MKMb (wg normy PN-82/M-53358 Narzędzia pomiarowe. Kątomierze uniwersalne). Służy do bezpośrednich pomiarów kątów w zakresie od 0° do 360° , z dokładnością $5'$. Dłuższe ramię pomiarowe kątomierza ma wymiar 315 mm. Powinien być wyposażony w lupę do odczytu wskazań noniusza, ponieważ jego podziałka jest mocno zagęszczona.

1.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo, zgodnie instrukcją ujętą w Dz.U.M.iP. 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.iP. 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.

1.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

1.2.1. Oględziny zewnętrzne

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.

1.2.2. Ocena przesuwu liniału ruchomego w zlużowanym uchwycie zacisku

Liniał powinien przesuwać się płynnie, bez zacięć, ale również bez nadmiernych luzów.

1.2.3. Ocena skuteczności działania zacisku

Liniał ruchomy nie powinien po zaciśnięciu wykazywać zmian swego położenia względem liniału stałego, pomimo 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.

1.2.4. Ocena stopnia namagnesowania

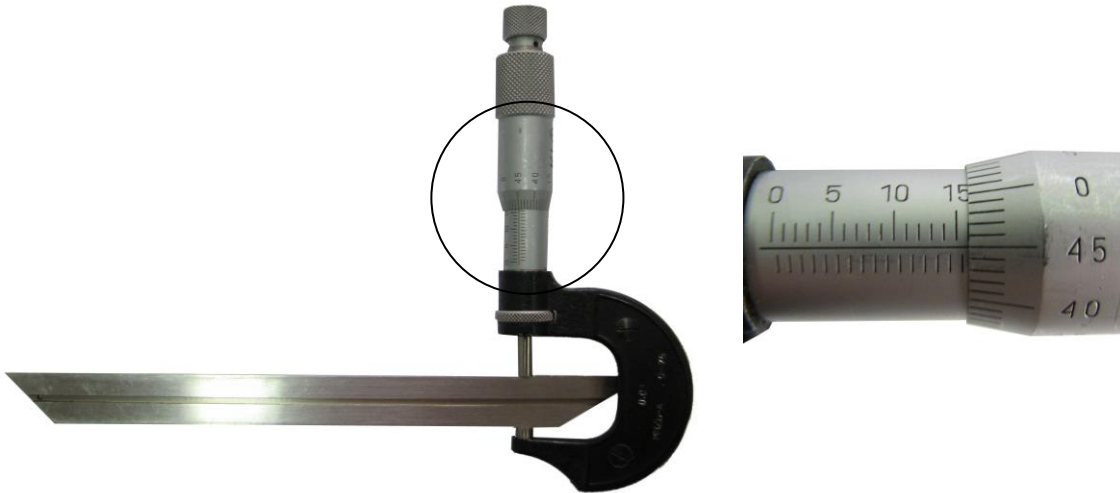
Należy zastosować sposób wg pkt. II. 1.2.5.

1.2.5. Sprawdzanie prostoliniowości i płaskości krawędzi liniału stałego i ruchomego

Do tego celu używamy liniału krawędziowego lub płyty pomiarowej. Po przyłożeniu do nich liniału obserwujemy ewentualnie powstałą szczelinę świetlną, porównujemy ją ze szczeliną wzorcową, a uzyskany wynik odnosimy do wymagań normy. Czynność ta opisana jest w rozdziale V. 2.4. Oczywiście, nie należy brać pod uwagę ewentualnych celowo zrobionych spiłowań wg pkt. V.1.2.1.

1.2.6. Sprawdzanie równoległości powierzchni pomiarowych liniału stałego i ruchomego

W tym celu dokonujemy pomiarów szerokości liniałów w kilku miejscach za pomocą mikrometru lub lepiej transametru (rys. 47). Uzyskane wymiary odnosimy do wymagań normy PN-82/M-53358.



Rys. 47. Sprawdzanie równoległości powierzchni pomiarowych liniału. Wskaz 15,95 ($16^{-0,05}$)

1.2.7. Pomiar kątów 30° i 60° oraz 45° zakończeń liniału ruchomego i 90° liniału stałego

Liniał może służyć jako wzorzec tych kątów. W/w kąty są często stosowane w mechanice i budowie maszyn. Można ich używać zwłaszcza w pomiarach kątów trudno dostępnych i niedużych, a jednocześnie drugorzędnych, np. ścięcia, zatoczenia itp. Pomiaru potwierdzającego dokładną wartość tych kątów wykonanych na liniałach można dokonać przy pomocy płytek wzorcowych kątowych klasy 2 (rys. 48) i zapisać np. na pudełku kątomierza.



Rys. 48. Pomiar kąta 45° zakończenia liniału, wykonany płytką wzorcową i liniałem powierzchniowym

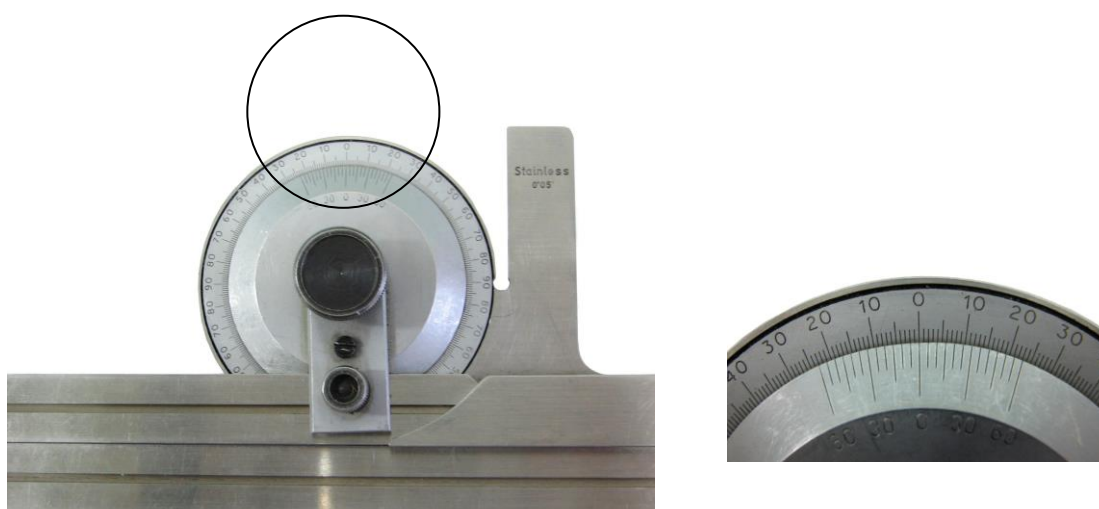
1.2.8. Ocena błędów wskazań kątomierza

Do tego celu używamy płytek kątowych klasy 2 (PN-81/M-53108 Narzędzia pomiarowe. Płytki kątowe), zaciskamy je między liniałami, bez szczeliny, i odczytujemy wskazania na tarczy kątowej z noniusem. Wyniki odnosimy do wymagań normy.

Uwaga: Jak najczęściej należy sprawdzać kąt 90° na kątowniku klasy 1 (rys. 49) i kąt 180° na liniale lub płycie wzorcowej klasy 1 (rys. 50).



Rys. 49. Sprawdzanie kąta 90° na kątowniku walcowym i płycie pomiarowej



Rys. 50. Sprawdzanie kąta 180° (0°) na liniale

1.3. Najczęściej spotykane błędy w pomiarach kątomierzem

1.3.1. Niedokładne doleganie liniałów do powierzchni mierzonych

Niewłaściwe doleganie liniałów do obejmowanych powierzchni jest częstą przyczyną grubych błędów pomiarowych. Przyczyną mogą być zabrudzenia i uszkodzenia mierzonych kątów, zwłaszcza w rejonie narożnika.

Oba liniały, stały i ruchomy, należy mocno docisnąć do mierzonych powierzchni. W szczególności trzeba dosunąć je maksymalnie do narożnika badanego kąta tak, aby nie było szczeliny świetlnej. Szczelina świetlna może wystąpić, ale tylko na skutek np. falistości powierzchni mierzonej.

1.3.2. Zukosowanie liniału na powierzchni mierzonej

Błąd ten szczególnie łatwo powstaje przy pomiarach kąta stożka, jak na rys. 51. Efektem jest zaniżenie wielkości mierzonego kąta. Na klinie zukosowanie ma mniejsze znaczenie.



Rys. 51. Zukosowanie liniału kątomierza na stożku

1.3.3. Złe działająca blokada liniału ruchomego

Zbyt słaby zacisk może być przyczyną zmiany położenia liniału ruchomego przy zdejmowaniu kątomierza z mierzonego przedmiotu, zwłaszcza przy kątach wewnętrznych. Możliwe jest też, że dokręcanie śruby zaciskowej spowoduje zmianę wskazów lub położenia liniału ruchomego. Po zaciśnięciu liniału należy jeszcze raz ocenić doleganie do mierzonego kąta.

1.3.4. Błąd odczytu noniusza (ważne dla przebiegu ćwiczenia)

Noniusz kątomierza ma ciasno naniesione i wąskie (ok. 0,1 mm) kresy i dlatego łatwo pomylić ich koincydencję. Warto w tym miejscu posłużyć się lupą. Ponadto noniusz ma podwójne zakresy pomiarowe, po obu stronach wskazów zera. Do odczytu bierzemy pod uwagę koincydencję kres po stronie narastających wskazów na podziałce głównej. Należy na to zwracać szczególnie uwagę w obrębie 0° i 90° .

1.3.5. Błąd odczytu stopni na tarczy głównej (ważne dla przebiegu ćwiczenia)

Tarcza główna ma skalę stopniową o zakresie 360° , podzieloną na cztery części po 90° każda. Rozkład wartości wskazów przedstawia rys. 52. Jak widać nie ma tam wskazów 91° , 92° itd. oraz 180° , 181° itd., jak i od 270° do 360° . Wskazy na podziałce przebiegają od 0° do 90° , następnie malejąco od 90° do 0° itd. Oznacza to, że łatwo, bo bezpośrednio, można odczytać wartości od 0° do

90°, natomiast kąty inne trzeba obliczać, np. $90^\circ + 21^\circ 15' = 111^\circ 15'$ lub $90^\circ + 90^\circ + 21^\circ 15' = 201^\circ 15'$. Przy tym w przykładzie jak wyżej, wartość kąta $21^\circ 15'$ trzeba obliczyć jako różnicę $90^\circ - 68^\circ 45'$, ponieważ taka wartość będzie przedstawiona na podziałce tarczy głównej – malejąca od 90° do 0° .



Rys. 52. Tarcza kątomierza. Wskaz 55' (minut kątowych)

Łatwo też pomylić kąty oscylujące wokół wartości 0° (180°) – zwłaszcza podczas pomiaru odchyłek od prostoliniowości (rys. 53), szczególnie odchylenia niewielkie, typu $\pm 1^\circ$, mogą być przyczyną błędów. Z wymienionych powodów nie ma na tarczy wskazów 179° ani 181° , tylko, niezależnie od kierunku kąta, zawsze będzie 1° . Może to spowodować pomyłkę w ocenie kierunku pochylenia, tzn. mamy odchyłkę dodatnią lub ujemną badanej powierzchni.



Rys. 53. Pomiar odchyłki od prostoliniowości

Szczelina widoczna na rys. 53 wskazuje na odchyłkę badanej powierzchni w dół, z reguły uznawaną za ujemną.

1.4. Prawidłowy pomiar kątomierzem (ważne dla przebiegu ćwiczenia)

Pomiary kątomierzem są trudne, zwłaszcza dotyczy to stożków. Wymagają przede wszystkim dokładnego przylegania i prostopadłości obu liniałów do mierzonych powierzchni, wg rys. 54, oraz starannego odczytu wskazów – zwłaszcza w okolicy 0° i 90° . Minuty kątowe należy odczytywać z właściwej części noniusza, tj. wg pkt. 1.3.4.



Rys. 54. Prawidłowy pomiar kąta stożka

Wskazane jest, aby przedmiot mierzony miał ściętą krawędź, tak jak na powyższym rysunku. Pozwoli to na dokładniejsze dociśnięcie obu ramion kątomierza do badanego kąta.

2. Kątowniki 90° stalowe

Są to najbardziej rozpowszechnione w praktyce warsztatowej narzędzia do pomiarów kąta, bo też kąt 90° (prosty) jest najczęściej stosowany (prostopadłość) w technice. Dzielimy je głównie na powierzchniowe MKSa, MKSb, MKSc i krawędziowe MKSg i MKSh (PN-86/M-53160 Narzędzia pomiarowe. Kątowniki 90° stalowe). Do pomiarów odchyłki od prostopadłości lepsze są krawędziowe, ponieważ łatwiej i dokładniej można określić wielkość szczeliny świetlnej między powierzchnią pomiarową a mierzoną. Powierzchniowe lepiej nadają się do trasowania – są odporniejsze na zużycie i uszkodzenia. W/w kątowniki mogą występować w wersji ze stopą lub z grubym ramieniem.

Osobną kategorię stanowią kątowniki walcowe, tzw. szklanki. W pomiarach warsztatowych nie mają szerszego zastosowania. Natomiast znakomicie nadają się do sprawdzania kątowników użytkowych.

2.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne należy dokonywać okresowo wg instrukcji ujętej w Dz.I.M.iP. 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 prostopadłości powierzchni lub krawędzi pomiarowych kątownika tworzących kąty zewnętrzne,
- sprawdzanie odchylenia od prostopadłości powierzchni lub krawędzi pomiarowych kątownika tworzących kąty proste wewnętrzne,
- sprawdzanie prostopadłości powierzchni bocznych dłuższego ramienia względem zewnętrznej powierzchni pomiarowej krótszego ramienia.

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

2.2. Sprawdzenie metrologiczne kątownika krawędziowego sposobem warsztatowym

2.2.1. Oględziny zewnętrzne

Wszelkie uszkodzenia mechaniczne (zadziory, wgnioty itp.), powodujące wypływ materiału na zewnątrz, dyskwalifikują kątownik. Natomiast wgłębienia nie wpływają na jego cechy metrologiczne. Z tego też względu nieduże uszkodzenia kątownika można usuwać przez wypilowanie.

2.2.2. Sprawdzenie kąta prostego wewnętrznego kątownika ramiennego

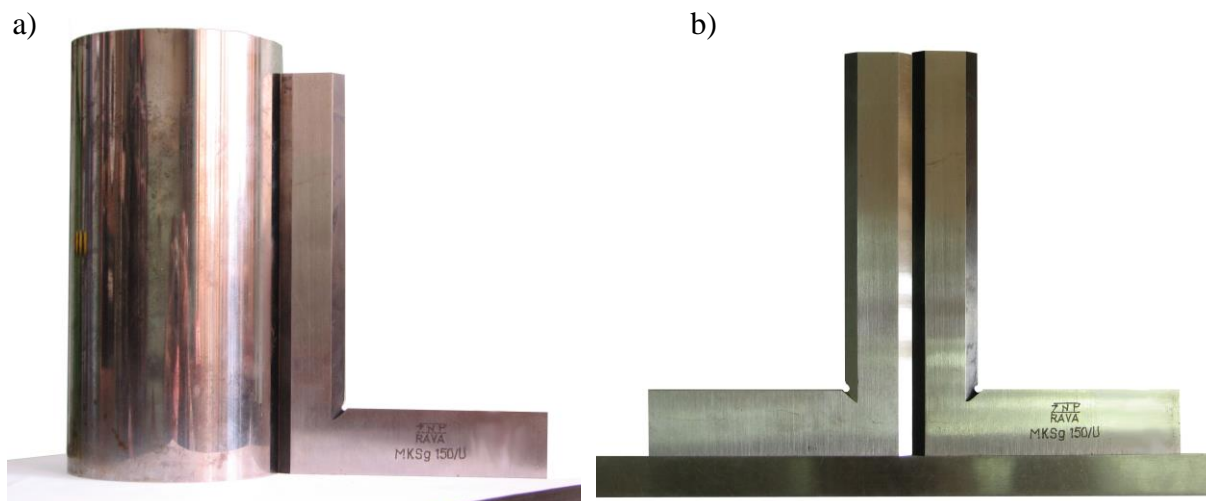
Do sprawdzania kąta wewnętrznego najbardziej wskazany jest kątownik walcowy, do którego przykładamy kątownik badany, wg rys. 55. Brak szczeliny świetlnej lub jej wielkość dopuszczalna wskazuje, że kątownik jest prawidłowy.



Rys. 55. Sprawdzenie kąta wewnętrznego kątownika krawędziowego

2.2.3. Sprawdzenie kąta zewnętrznego

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. 56.



Rys. 56. Sprawdzanie kąta zewnętrznego kątownika krawędziowego na płycie pomiarowej:
 a) kątownikiem walcowym, b) kątownikiem ramiennym (badanie wzajemne)

2.2.4. Sprawdzanie uproszczone kątowników

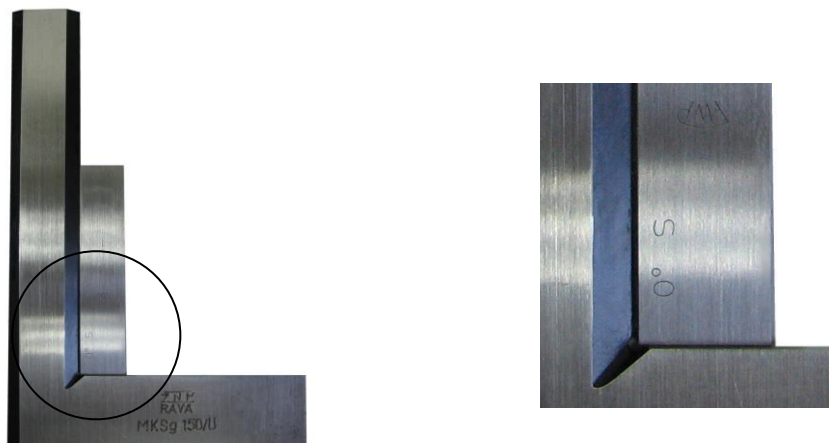
Do tego celu potrzebne są dwa kątowniki ramienne. Przykładamy je do siebie na przemian, wg rys. 57, i badamy raz kąt zewnętrzny, a następnie wewnętrzny. Brak szczeliny świetlnej wskazuje, że oba są poprawne, ponieważ prawdopodobieństwo, że oba odkształciły się w identyczny sposób jest znikome. Gdyby pojawiła się szczelina świetlna to, aby ocenić, który z nich jest nieprawidłowy, należy podobny zabieg powtórzyć z trzecim kątownikiem i przez porównanie wyeliminować wadliwy. Jest to sposób najprostszy, a jednocześnie zazwyczaj wystarczająco pewny. Należy stosować go jak najczęściej.



Rys. 57. Sprawdzanie kątowników przez porównanie wzajemne

2.2.5. Sprawdzanie kątowników płytkami kątowymi

Zabieg ten, wg rys. 58, jest mało praktyczny ze względu na małe wymiary płytek. Ale pozwala na bardzo dokładne sprawdzenie narożnika kątownika, który odgrywa w pomiarach pierwszorzędą rolę. Płytkami kątowymi można też dokładnie pomierzyć, a nie tylko ocenić, odchylenia od prostopadłości ramion kątownika.



Rys. 58. Sprawdzanie kątownika płytką kątową wzorcową

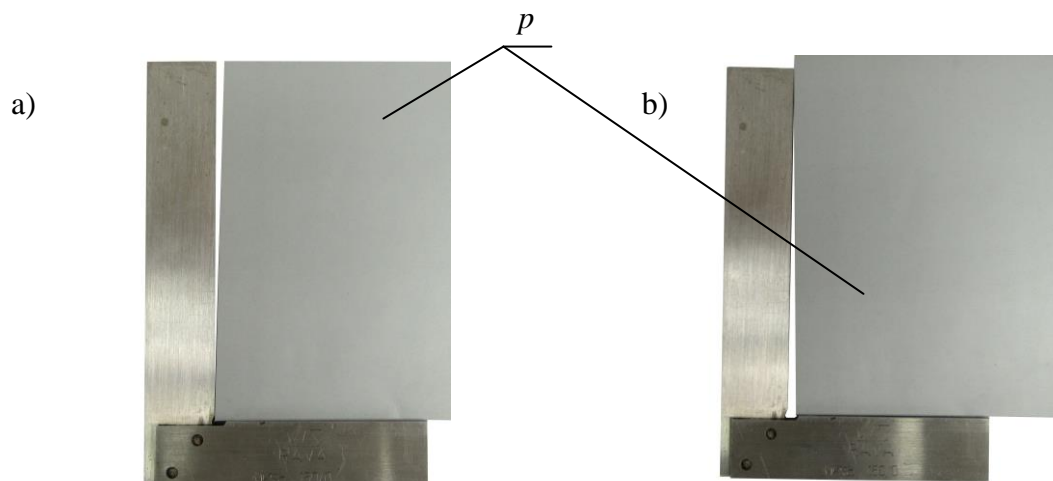
2.2.6. Sprawdzanie stopnia namagnesowania

Zabieg ten przeprowadzamy wg pkt. II. 1.2.5. Przed każdym pomiarem należy wytrzeć powierzchnię kątownika czystą szmatką.

2.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach kątów prostych

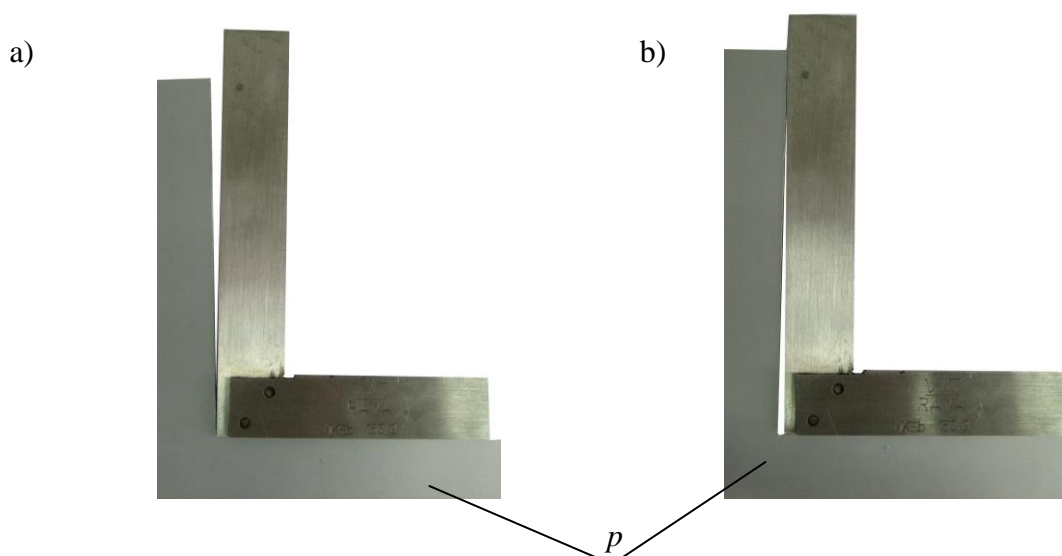
2.3.1. Pomiar kątów zewnętrznych

Poważnym powodem powstawania błędów pomiaru są zanieczyszczenia i uszkodzenia powierzchni mierzonych, występujące zwłaszcza w narożnikach. Kątowniki mają specjalne wybranie w narożniku kąta wewnętrznego, dzięki któremu można dobrze objąć kąt prosty zewnętrzny, wg rys. 59. Jeżeli tego nie ma (choć wymaga tego norma), należy to wybranie wykonać. Wskazane jest też zukosować (fazować) narożnik badanego przedmiotu, oczywiście, jeżeli pozwala na to jego przeznaczenie.



Rys. 59. Pomiar kąta prostego zewnętrznego, odchyłki badanego przedmiotu p
 a) przedmiot z kątem ostrym, b) przedmiot z kątem rozwartym

2.3.2. Pomiar kątów wewnętrznych



Rys. 60. Pomiar kąta prostego wewnętrznego, odchyłki badanego przedmiotu p
 a) przedmiot p z kątem rozwartym, b) przedmiot p z kątem ostrym

Pomiar ten jest szczególnie utrudniony, ponieważ zanieczyszczenie badanego narożnika jest bardzo prawdopodobne i trudne do usunięcia. Rzadko przedmiot badany ma wcięcie wzdłuż naroża. Również kątowniki nie mają ścięcia narożnika kąta zewnętrznego. W pewnych przypadkach warto lekko zukosować ten narożnik kątownika, ponieważ nie wpływa to na cechy metrologiczne narzędzia. Sposób ten jest jedynym dla zbadania kąta wykonanego z przejściem promieniowym wg rys. 61. Można oczywiście jedno, najczęściej dolne ramię kątownika podbudować np. płytkami

wzorcowymi lub liniałem powierzchniowym, ale jest to niedogodne i wprowadza dodatkowy błąd pomiarowy.



Rys. 61. Pomiar kąta wewnętrznego z promieniem – błędny

2.3.3. Pomiar prostokątności powierzchni walcowych zewnętrznych

Każde nieprostokątne ustawienie kątownika względem tworzącej walca, wg rys. 62, może sprawić powstanie błędnej szczeliny świetlnej, zwłaszcza przy użyciu kątownika krawędziowego. Najpewniejszym sposobem jest użycie kątownika z grubym ramieniem jako bazą pomiarową.



Rys. 62. Zukosowanie kątownika na walcu – pomiar błędny

2.3.4. Pomiar prostokątności powierzchni płaskiej do otworu walcowego

Typowym przykładem może być ocena prostokątności otworu do powierzchni bocznej koła zębatego, tulei itp. Koniecznie bazą pomiarową musi być otwór, a ewentualną szczelinę świetlną możemy wtedy zaobserwować na powierzchni zewnętrznej. Działania odwrotne są bezcelowe,

ponieważ przy bazowaniu na powierzchni płaskiej (czołowej) i tak nie zobaczymy szczeliny wzdłuż otworu. Najwłaściwszy do tych pomiarów jest kątownik krawędziowy.

2.4. Prawidłowy pomiar prostopadłości kątownikiem (ważne dla przebiegu ćwiczenia)

Dla wykonania prawidłowego pomiaru prostopadłości należy unikać w/w błędów. Dodatkowo muszą zaistnieć następujące warunki:

- jedno ramię kątownika ściśle dolega do powierzchni bazowej, a narożnik mierzonego kąta przywiera do narożnika kątownika, tak jak na rys. 59a i 60a,
- jedno ramię kątownika ściśle dolega do powierzchni bazowej (jednakowej dla kątownika i przedmiotu), a drugie dolega punktowo do mierzonej powierzchni, wg rys. 59b i 60b.



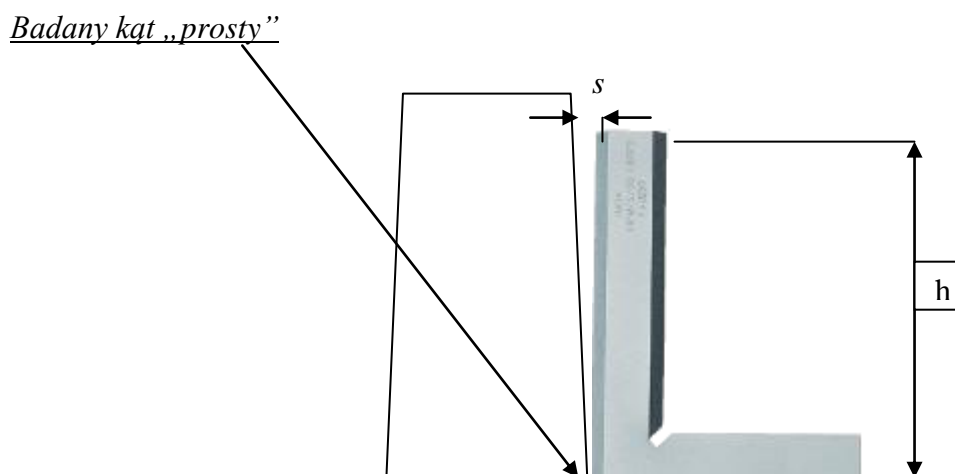
Rys. 63. Prawidłowy pomiar kąta prostego kątownikiem

Odchylenie od kąta prostego mierzymy szczelinomierzem lub porównawczo ze szczeliną wzorcową. Odmierzamy też długość, na której występuje to odchylenie, a jego wartość zapisujemy jako np. 0,2/100 [mm]. W zapisie tym 0,2 to zmierzona odchyłka (szczelina), a 100 mm to długość, na której ona występuje, najczęściej od podstawy do końca ramienia kątownika.

Trzeba pamiętać, że w przypadku, gdy kątownik i przedmiot badany ustawione są na płycie bazowej, to i ona staje się elementem pomiarowym, a jej dokładność wpływa na dokładność pomiaru.

2.5. Pomiar odchyłki od prostopadłości: płyta pomiarowa, kątownik, szczelinomierz

W/w zasada znajduje swoje zastosowanie w ćwiczeniu nr 4, przy czym układ pomiarowy jest dodatkowo wzbogacony o szczelinomierz (rys. 64). Błąd pomiaru jest wypadkową błędów trzech narzędzi.



Rys. 64. Pomiar odchyłki od prostopadłości.

Odchyłka od prostopadłości może być wyrażona w jednostkach kątowych, jak i liniowych. Pomiar kątomierzem daje odczyt w jednostkach kątowych. Natomiast bardzo często korzysta się z kątownika, płyty pomiarowej i szczelinomierza i wtedy odchyłkę uzyskujemy w jednostkach liniowych, najczęściej oznaczanych [0,01 mm/100 mm]. Wymiar szczeliny s podawany jest w setnych częściach milimetra [0,01 mm], a wysokość na której został uzyskany h w [mm]. Staramy się przedstawić odchyłkę w przeliczeniu na 100 mm, co ułatwia porównywanie różnych wymiarów. Zasada ta jest powszechnie stosowana w metrologii opisowej i oznacza w praktyce arytmetyczne „wydłużenie” krótkiego klina do 100 mm lub „skrócenie” dłuższego.

Przykład: Jest wymiar 1,5 mm/ 75 mm. Podajemy pochylenie 2 mm/100 mm, bo:

$$1,5 : 75 = x : 100 \rightarrow 75 x = 1,5 \cdot 100 \rightarrow x = 150 : 75 \rightarrow x = 2 \text{ mm}$$

3. Płytki kątowe

Przedmiotem oceny są płytki kątowe Johanssona MLAk, wg PN-81/M-53108 „Narzędzia pomiarowe. Płytki kątowe”, które służą do odtwarzania i pomiaru kątów w zakresie od 0 do 360°, stopniowane co 1' lub 5' (minut kątowych), z dokładnością 12" (sekund kątowych). W bezpośredniej praktyce warsztatowej nie mają zastosowania ze względu na wysoką cenę i łatwość ich uszkodzenia lub zużycia. Stanowią głównie wzorzec do sprawdzania innych przyrządów pomiarowych.

3.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo według instrukcji ujętej w Dz.U.M.iP. nr 30/95, poz. 165 i 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.iP. nr 30/95 i nr 1/97 oraz w PN-81/M-53108. W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania i kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

3.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

Ze względu na dokładność wykonania płytek, jedyne co można sprawdzić, to stan ogólny, tzn. szukamy uszkodzeń, korozji itp. oraz badamy stopień namagnesowania wg II. 1.2.5.

3.3. Typowe błędy pomiarowe

Najczęstszym błędem jest pomyłka przy dodawaniu wartości kątów w pakiecie płytek. Trzeba uważać zwłaszcza przy dodawaniu stopni, minut i sekund kątowych.

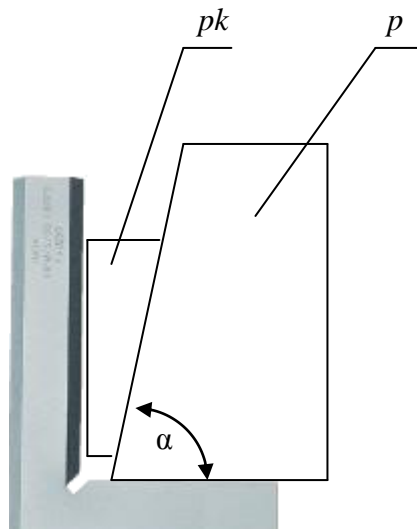
3.4. Prawidłowe odwzorowanie kąta za pomocą płytek kątowych (ważne dla przebiegu ćwiczenia)

W tym celu należy właściwie skompletować i ułożyć stos płytek, a następnie mocno zacisnąć je w uchwycie MLUb (wg rys. 66). Uchwyt ten znajduje się w komplecie wg PN-74/M-53103 „Narzędzia pomiarowe. Przybory do płytek wzorcowych”. Płytki lub ich pakiety służą głównie do odwzorowania kąta. Pomiar kątów nieznanymi jest dość utrudniony, ponieważ trzeba kompletować właściwy zestaw płytek metodą prób i błędów. Wyjściem jest oczywiście wcześniejsze zmierzenie badanego kąta kątomierzem.



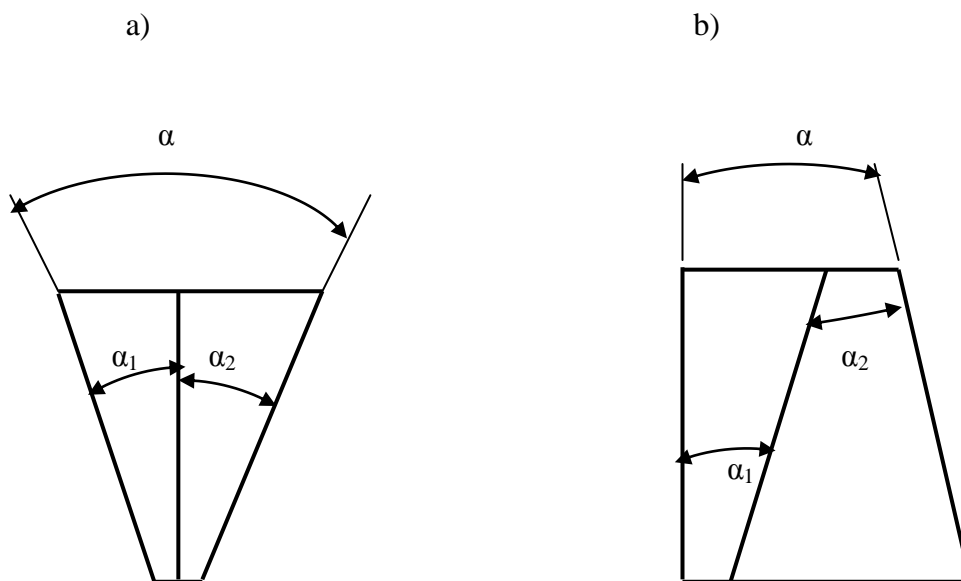
Rys. 65. Odwzorowanie kąta płytkami (45° i 55°). Sprawdzenie kątomierza. Wskaz 100°.
 Na kątomierzu jest wskaz 80° tzn. $90^\circ + (90^\circ - 80^\circ) = 100^\circ$

W praktyce warsztatowej wykorzystywane są płytki wzorcowe grube, przedstawiające określone kąty. Służą one do weryfikacji (sprawdzania) wcześniej wykonanych pomiarów (rys.66).



Rys.66. weryfikacja kąta α przedmiotu p za pomocą płytki kątowej pk i kątownika.

Płytki kątowe można składać w pakiety, „wytwarzając” w ten sposób dowolne kąty. Przy tym można je dodawać, jak i odejmować (wg rys. 67).



Rys. 67. Składanie płytek kątowych:

- a) dodawanie kątów: $\alpha_1 + \alpha_2 = \alpha$
 b) odejmowanie kątów: $\alpha_1 - \alpha_2 = \alpha$

Takie zestawy można składać z wielu płytek, dodając i odejmując je na przemian. W ten sposób można zrealizować dowolne kąty o dokładności najmniejszej płytki.

4. Płyty pomiarowe

Przedmiotem oceny jest płyta pomiarowa MLFa (PN-ISO 8512-1 Płyty pomiarowe. Płyty żeliwne). Podstawowym elementem pomiarowym w płycie jest powierzchnia płaska (blat). Dodatkowo można wykorzystać do pomiarów kąty proste obrzeży płyty. Służą do pomiaru płaskości, badanych metodą tuszowania, przedmiotów. Dodatkowo można jej używać jako bazy dla innych przyrządów pomiarowych.

4.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne płyt pomiarowych

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo wg wskazań instrukcji ujętej w Dz.U.M.iP. nr 7/96, poz. 34 i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie materiału, konstrukcji i wykonania,
- sprawdzanie udziału powierzchni nośnej płyty żeliwnej skrobanej,
- wyznaczanie odchylenia od płaskości całej powierzchni pomiarowej,

- wyznaczanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej cząstkowej,
- ustalanie klasy dokładności płyty.

Dopuszczalne odchylenia określone są w Dz.U.M.iP. nr 7/96 i w normie PN-ISO 8512-1.

W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

4.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

5.2.1. Oględziny

Ze względu na wysoką dokładność płyt sprawdzanie należy ograniczyć do oględzin. Poszukujemy na jej powierzchni pomiarowej rys, pęknięć, porów, wykruszeń, wtrąceń i korozji.

5.2.2. Sprawdzanie namagnesowania

Sprawdzanie stopnia namagnesowania przeprowadzamy wg pkt. II. 1.2.5.

5.2.3. Sprawdzanie płaskości płyty

Do powierzchni płyty przykładamy liniał krawędziowy, odpowiednio wyższe klasy i obserwujemy, czy nie powstaje szczelina świetlna, którą mierzymy i odnosimy do wymagań normy.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 4

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie	Imię i nazwisko studenta		
	Imię i nazwisko prowadzącego		
	Wydział		Grupa
	Rok studiów	Semestr	Rok akademicki
	Ocena	Podpis	Uwagi
Metrologia warsztatowa – laboratorium pomiarowe			

Temat: Pomiary i sprawdzanie kątów i pochyień

Pomiar klina

Ćwiczenie odbyło się dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
---------------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

1. Manualne opanowanie kątomierza, kątownika i szczelinomierza.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych narzędzi pomiarowych.
3. Przygotowanie klina do pomiarów.
4. Dokumentowanie wyników pomiarów:
 - szkic klina wraz z wymiarowaniem,
 - ustalenie kierunków kątów.
5. Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe

1. Miary kątowe.
2. Zbieżność i pochyłość.
3. Tolerancje kątów.

Zadania dodatkowe

1. Typowe pochylenia i kąty w budowie maszyn.
2. Stożki i złącza stożkowe.

III. Literatura

Literatura podstawowa

1. Norma PN-93/M-01149 Rysunek techniczny maszynowy. Wymiarowanie i tolerowanie stożków.
2. Norma PN-77/M-02136 Układ tolerancji kątów.
3. Norma PN-91/M-02168/01 Tolerancje ogólne. Tolerancje wymiarów liniowych i kątowych bez tolerancji indywidualnych.
4. Norma PN-81/M-53108 Narzędzia pomiarowe. Płytki kątowe.
5. Norma PN-86/M-53160 Narzędzia pomiarowe. Kątowniki 90° stalowe.
6. Norma PN-74/M-53180 Narzędzia pomiarowe. Liniały krawędziowe i powierzchniowe.
7. Norma PN-82/M-53358 Narzędzia pomiarowe. Kątomierze uniwersalne.
8. Norma PN-75/M-53390 Narzędzia pomiarowe. Szczelinomierze.
9. Norma PN-ISO 8512-1 Płyty pomiarowe. Płyty żeliwne.
10. Norma PN-EN ISO 3650 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Wzorce długości. Płytki wzorcowe.

Literatura dodatkowa

1. Norma PN-82/M-02121 Stożki i złącza stożkowe. Terminologia.
2. Norma PN-83/M-02122 Stożki i złącza stożkowe. Układ tolerancji stożków.
3. Norma PN-EN ISO 1119 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Szeregi kątów i zbieżności powierzchni.
4. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 23/95.
5. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 30/95.
6. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 17/96.
7. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 1/97.
8. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 5/97.

IV. Sprawdzanie narzędzi pomiarowych

1. Płyta pomiarowa MLFa:
 - wymiary.....

- tolerancja płaskości wg PN-ISO 8512-1.....
- sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
- 2. Kątownik walcowy MKSm:
 - wymiary $H \times d$
 - tolerancja T_v prostokątności tworzących wg PN-86/M-53160.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
- 3. Kątownik krawędziowy płaski MKSg:
 - wymiary $L \times l$
 - tolerancja prostokątności krawędzi roboczych T_v wg PN-86/M-53160.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
- 4. Płytki kątowe MLAk:
 - odchyłki graniczne kątów pomiarowych wg PN-81/M-53108.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
- 5. Kątomierz uniwersalny MKMb:
 - zakres pomiarowy.....
 - dopuszczalne błędy wg PN-82/M-53358.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
- 6. Suwmiarka MAUd:
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań
 - dopuszczalne błędy wskazań przyrządu wg PN-80/M-53130.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
- 7. Szczelinomierz MWSb:
 - zakres pomiarowy.....
 - odchyłka Δa grubości pomiarowej wg PN-75/M-53390.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....

Uwaga: Dopuszczalny błąd wskazań oraz odchyłki graniczne odczytujemy z norm dla konkretnych wskazań narzędzia pomiarowego.

V. Szkic klina, widok z boku

VI. Pomiar klina, obliczenia i tolerancja kąta prostego

1. Wymiary gabarytowe $H \times h \times L$, pomiar suwmiarką [0,1 mm]....., wymiar h orientacyjny!
2. Pomiar prostopadłości ścianki dłuższej klina, kątownikiem i szczelinomierzem – pomiar największej szczeliny „ s ” między krawędzią kątownika a klina:

$$s = \dots\dots\dots[0,01 \text{ mm}]$$

- 2.1 Odchyłka od prostopadłości wynosi: $\Delta\perp$, jednostki [0,01 mm/100 mm]:

.....

- 2.2 Przeliczyć w/w odchyłkę liniową na kątową:

$$\sin\alpha_{\perp} = s/H = \dots\dots\dots \text{ to } \alpha_{\perp} = \dots\dots\dots$$

- 2.3 Na pdst. normy PN-91/M-02168/01 ustalić klasę tolerancji (oznaczenie i nazwa) w/w odchyłki kąta prostego: oznaczenie..... nazwa.....

3. Pomiar pochylenia klina (kąt ostry) kątomierzem [$^{\circ}$, '].....
4. Pomiar pochylenia klina (kąt rozwarty) kątomierzem [$^{\circ}$, '].....
5. Sprawdzanie pochyłeń płytkami kątowymi i kątownikiem [$^{\circ}$, ', "]

kąt ostry:....., kąt rozwarty:.....

6. Obliczanie pochylenia klina ($C = x:100$)

$$\text{pochyłość } C = (H - h) ; L \rightarrow C = \dots\dots\dots C = \dots : \dots\dots\dots$$

7. Uzyskany wynik odnieść do wymagań normy PN-EN ISO 1119 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Szeregi kątów i zbieżności powierzchni” – podać najbliższy kąt znormalizowany:.....

VII. Analiza wyników pomiarów klina

1. Różnice w metodzie kątovej a liniowej.
2. Zamiennosc metrologiczne w/w metod.
3. Zbieznosc a kat:
 - oznaczenia (symbole),
 - wymiarowanie.

V. Wprowadzenie do Laboratorium nr 5A

Pomiar chropowatości i falistości powierzchni

Cel laboratorium

Celem zajęć jest zapoznanie się z problematyką geometrii warstwy wierzchniej. Zagadnienie to dotyczy wszystkich części maszyn obrobionych wiórowo. Chropowatość jest cechą towarzyszącą nieodłącznie obróbce skrawaniem. Falistość zaś jest efektem błędów obróbczych. Oba parametry różnią się od siebie w sposób istotny i wobec tego badane są różnymi metodami.

Część 1. Chropowatość

Chropowatość powierzchni jest ważnym elementem warstwy wierzchniej, ściśle związanym z zastosowanym sposobem obróbki. Chropowatość stanowią przeważnie ślady ostrza narzędzia skrawającego. Najczęściej miarą chropowatości jest średnie arytmetyczne odchylenie profilu chropowatości R_a , (PN-87/M-04251 Struktura geometryczna powierzchni. Chropowatość powierzchni. Wartości liczbowe parametrów).

Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych

1. Wzorce chropowatości

Przedmiotem opracowania są wzorce chropowatości WG-6, MMCa, wg normy PN-85/M-04254 Struktura geometryczna powierzchni. Porównawcze wzorce chropowatości powierzchni obrobionych. Służą do oceny chropowatości powierzchni obrobionych wiórowo.

1.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się wg instrukcji zawartej w Dz.U.M.iP. nr 7/96, poz. 39 i obejmuje:

- sprawdzanie kierunkowości i charakteru geometrycznej struktury powierzchni pomiarowej wzorca,
- sprawdzanie wymiarów powierzchni pomiarowej wzorca,
- wyznaczanie wartości średniej parametru R_a oraz S_m i W_m powierzchni pomiarowej wzorca,
- określanie względnego odchylenia średniego kwadratowego s_n parametru R_a .

Dopuszczalne odchylenia podane są w Dz.U.M.iP. nr 7/96 oraz w normie PN-85/M-04254.

Wymaga ono specjalistycznego sprzętu i kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

1.2. Sprawdzanie metodą warsztatową

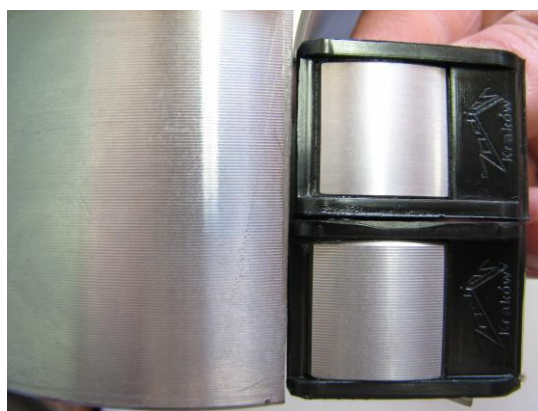
Obejmuje ono oględziny powierzchni wzorców. Przydatność pomiarowa wzorców spada wraz z narastaniem rys i korozji. Prawidłowo użytkowane wzorce, tzn. przez porównanie wzrokowe z badanym obiektem, nie powinny ulegać zużyciu. Natomiast pomiar chropowatości przez przesuw poprzeczny po powierzchni badanej i wzorcowej, realizowany paznokciem lub metalem, prowadzi do jej zużycia.

1.3. Pomiar chropowatości

Pomiar chropowatości odbywa się przez dobór najlepiej pasującego wzorca z ewentualną interpolacją wartości parametru R_a na dwóch sąsiednich płytkach (rys. 68).

Uwaga: Bardzo ważny jest właściwy dobór wzorców wg rodzaju obróbki, tzn. toczenie, wytaczanie, frezowanie itd.

Oprócz właściwego rozpoznania rodzaju obróbki i oceny parametru R_a , ważne jest też prawidłowe oznaczenie tych parametrów na rysunku. Dokonuje się tego wg normy PN-ISO 1302 Rysunek techniczny. Oznaczenie struktury geometrycznej powierzchni.

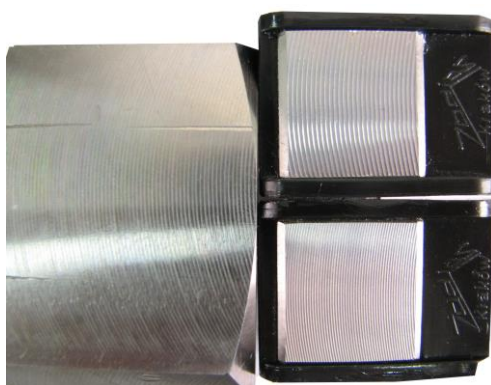


Rys. 68. Pomiar chropowatości wałka wzorcami WG-6 – toczenie

Na w/w rysunku widać wyraźnie, że jeden wzorec odpowiada chropowatości wałka, a drugi odbiega znacznie.



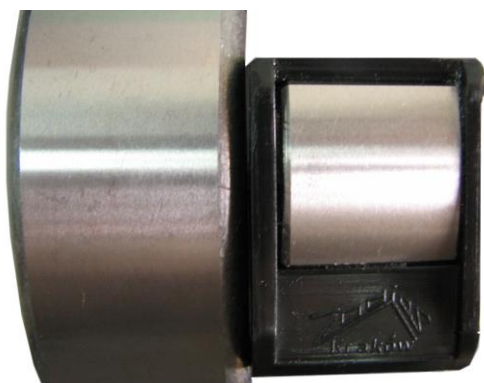
Rys. 69. Pomiar chropowatości otworu – wytaczanie



Rys. 70. Pomiar chropowatości powierzchni frezowanej czołowo

a)

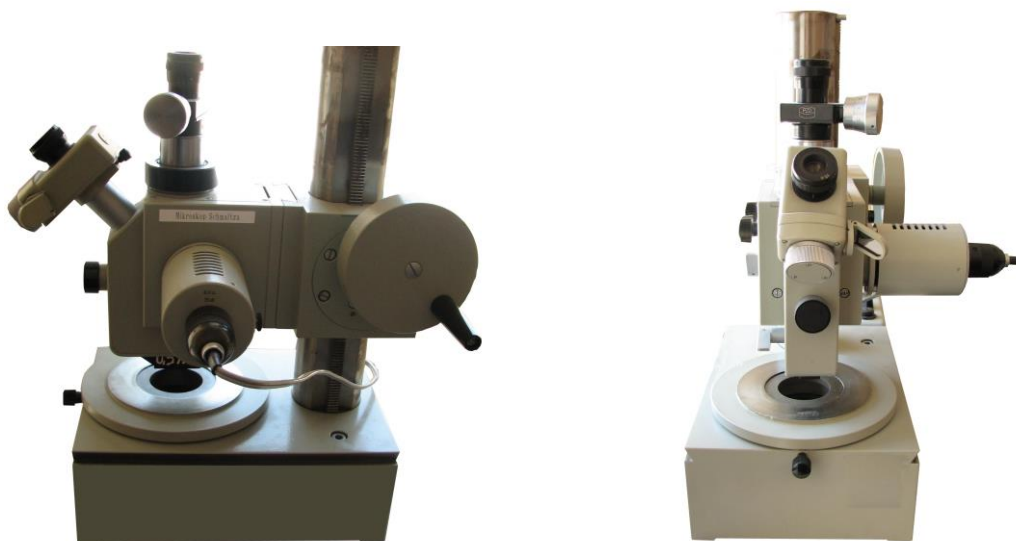
b)



Rys. 71. Pomiar chropowatości powierzchni szlifowanych

a) wzorec właściwy, b) wzorec nadmierny

Do precyzyjnego wyznaczania powierzchni służą profilografy oraz mikroskopy, np. mikroskop podwójny Schmalza (rys. 72).



Rys. 72. Mikroskop Schmalza

Część 2. Falistość powierzchni

Bardzo ważnym parametrem warstwy wierzchniej jest falistość. Powstaje najczęściej na skutek pewnych nieprawidłowości w procesie obróbki skrawaniem. Falistość powierzchni jest bardzo groźnym zjawiskiem w budowie maszyn. Dla dwóch powierzchni wzajemnie współpracujących może mieć znacznie gorsze skutki od nadmiernej chropowatości. Wiąże się to głównie z dużym spadkiem nośności powierzchni falistej. Najczęściej stosowaną miarą falistości jest parametr, W_z (PN-74/M-04255 Struktura geometryczna powierzchni. Falistość powierzchni. Określenia podstawowe i parametry).

2. Liniał krawędziowy

Przedmiotem opracowania jest liniał jednokrawędziowy MWKc (PN-74/M-53180 Narzędzia pomiarowe. Liniały krawędziowe i powierzchniowe), służący do oceny prostoliniowości, ale także falistości i innych deformacji powierzchni.

2.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne liniału

Pełne sprawdzanie metrologiczne liniału należy przeprowadzać okresowo wg instrukcji ujętej w Dz.U.M.iP. nr 25/95, poz. 140 oraz normy PN-74/M-53180 i obejmuje m.in.:

- oględziny zewnętrzne,

- sprawdzanie chropowatości krawędzi pomiarowych,
- wyznaczanie odchylenia od prostoliniowości krawędzi pomiarowych,
- określanie klasy dokładności,
- sprawdzanie twardości krawędzi pomiarowych.

Sprawdzanie to wymaga specjalistycznego wyposażenia oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

2.2. Sprawdzanie metrologiczne liniału krawędziowego metodą warsztatową

Sprawdzanie metodą warsztatową obejmuje:

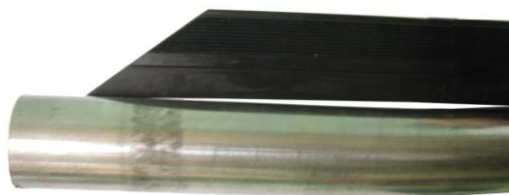
- ocenę stopnia namagnesowania wg pkt. II.1.2.5,
- ocenę odchyłek dokonujemy przez przyłożenie krawędzi pomiarowej do innego liniału, kątownika lub płyty pomiarowej o takiej samej lub lepszej klasie, następnie należy dokonać oględzin „pod światło”, w końcu odwrócić badany liniał o 180° i ponownie obejrzeć ich styk, jak na rys. 73. Brak szczeliny świetlnej wskazuje, że liniał ma krawędź pomiarową prostą i nieuszkodzoną. Zaistniałą szczelinę należy zmierzyć szczelinomierzem lub metodą porównawczą na szczelinie wzorcowej i odnieść do wymagań normy. Można dopuścić liniały nieznacznie wyszczerbione, jeżeli usunięto wystające zadziory.



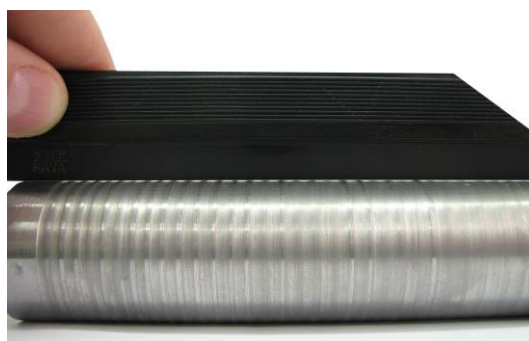
Rys. 73. Sprawdzanie liniału drugim liniałem

2.3. Pomiar prostoliniowości i falistości wałka

- liniał krawędziowy należy przyłożyć do powierzchni wałka, co najmniej w czterech miejscach rozłożonych na obwodzie co 45° (rys. 74),
- szczelina świetlna świadczy o braku prostoliniowości np. falistości lub o odchyłkach walcowości: siodłowość, baryłkowość, wygięcie itp.,
- brak szczeliny świetlnej świadczy o tym, że wałek jest prosty i nie ma błędów kształtu,
- szczelinę mierzymy szczelinomierzem lub porównawczo szczeliną wzorcową.



Rys. 74. Pomiar walcowości wałka – szczelina świetlna – siódłowość



Rys. 75. Pomiar walcowości wałka – szczelina świetlna – falistość

2.4. Szczelina wzorcowa

Wzorcową szczelinę świetlną realizuje się za pomocą liniału krawędziowego i płytek wzorcowych ułożonych (rys. 76). Jej wielkość ustawiamy wg potrzeb z dwóch lub więcej płytek ustawionych obok siebie na równej powierzchni. Do większej płytki przystawiamy liniał. Prześwit między liniałem a krótszą płytką stanowi szczelinę wzorcową.



Rys. 76. Szczelina wzorcowa. Wymiary płytek: 1,2, 1,1, 1,07 [mm], tzn. szczelina 0,1 i 0,13 [mm]

W warunkach warsztatowych szczelinę świetlną można łatwo i szybko zrealizować sposobem jak wyżej, ale z zastosowaniem szczelinomierza zamiast płytek wzorcowych. Można też włożyć płytkę szczelinomierza w szczękę suwmiarki. Jeżeli mamy suwmiarkę wyposażoną w suwak pomocniczy, to szczelinę wzorcową można uzyskać przez precyzyjne nakręcanie śruby suwaka.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 5A

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie	Imię i nazwisko studenta		
	Imię i nazwisko prowadzącego		
	Wydział		Grupa
	Rok studiów	Semestr	Rok akademicki
	Ocena	Podpis	Uwagi
Metrologia warsztatowa – laboratorium pomiarowe			

Temat: Warstwa wierzchnia

Pomiar chropowatości i falistości powierzchni obrobionych skrawaniem

Ćwiczenie odbyło się dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
---------------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

1. Manualne opanowanie narzędzi pomiarowych jak: wzorce chropowatości, liniał krawędziowy, płytki wzorcowe, szczelinomierz.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych narzędzi pomiarowych.
3. Przygotowanie przedmiotu do pomiarów.
4. Dokumentowanie wyników pomiaru.
5. Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe

1. Chropowatość powierzchni.
2. Kierunkowość struktury powierzchni.
3. Średnia arytmetyczna rzędnych profilu R_a .

4. Krzywa nośności profilu chropowatości.
5. Oznaczanie chropowatości powierzchni na rysunkach.
6. Falistość powierzchni.
7. Parametr podstawowy falistości W_z .

Zadania dodatkowe

1. Odchyłka kształtu.
2. Wady struktury.
3. Wysokość chropowatości wg 10 punktów R_z .

III. Literatura

Literatura podstawowa

1. Norma PN-ISO 1302 Rysunek techniczny. Oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni.
2. Norma PN-EN ISO 3650 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Wzorce długości. Płytki wzorcowe.
3. Norma PN-87/M-04250 Warstwa wierzchnia. Terminologia.
4. Norma PN-87/M-04251 Struktura geometryczna powierzchni. Chropowatość powierzchni. Wartości liczbowe parametrów.
5. Norma PN-85/M-04254 Struktura geometryczna powierzchni. Porównawcze wzorce chropowatości powierzchni obrabianych”.
6. Norma PN-74/M-04255 „Struktura geometryczna powierzchni. Falistość powierzchni. Określenia podstawowe i parametry.
7. Norma PN-89/M-04256/04 Struktura geometryczna powierzchni. Falistość powierzchni. Terminologia.
8. Norma PN-74/M-53180 Narzędzia pomiarowe. Liniąły krawędziowe i powierzchniowe.
9. Norma PN-75/M-53390 Narzędzia pomiarowe. Szczelinomierze.

Literatura dodatkowa

1. Norma PN-EN ISO 4287 Specyfikacja geometrii wyrobów. Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa. Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni.
2. Norma PN-EN ISO 7083 Rysunek techniczny maszynowy. Symbole tolerancji geometrycznych. Proporcje i wymiary.

3. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 7/96.
4. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 25/95.
5. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 30/95.

IV. Określanie chropowatości powierzchni przy pomocy wzorców chropowatości WG-6

1. Ocena wzorców chropowatości WG-6:
 - zakres pomiarowy R_a
 - dopuszczalne odchyłki parametru R_a wg PN-85/M-04254.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
2. Ocena wzrokowa chropowatości przedmiotu badanego wg wzorców WG-6

Rodzaj obróbki	Materiał	Chropowatość R_a / R_z Oznaczenie wg PN-ISO 1302
Toczenie
Wytaczanie
Frezowanie czołowe
Frezowanie walcowe
Struganie
Szlifowanie

V. Pomiar falistości powierzchni za pomocą liniału, szczelinomierza lub szczelin wzorcowych

VI. Dobór i sprawdzanie narzędzi pomiarowych

1. Liniał krawędziowy MLWa:
 - wielkość.....
 - tolerancja prostoliniowości T_l wg PN-74/M-53180.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
2. Szczelinomierz MWSb:
 - zakres pomiarowy
 - odchyłka Δa grubości pomiarowej wg PN-75/M-53390.....

- sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....

Uwaga: Dopuszczalny błąd oraz odchyłki graniczne odczytujemy z norm dla konkretnych wskazań narzędzia pomiarowego.

VIII. Pomiar falistości powierzchni wałka za pomocą liniału i szczelinomierza

1. Długość wałka [mm].....
2. Długość pomiarowa [mm].....
3. Maksymalna wysokość falistości [μm].....
4. Parametr falistości W_z wg PN-74/M-04255.....

VI. Wprowadzenie do Laboratorium nr 5B

Pomiar luzu poprzecznego łożysk

Zarówno w łożyskach tocznych, jak i ślizgowych podstawową cechą funkcjonalną jest luz wewnętrzny, poprzeczny, zwany też promieniowym. W łożyskach ślizgowych wynika on z różnicy średnicy czopa i otworu panewki. W łożyskach tocznych jest to także różnica średnic pierścienia zewnętrznego, wewnętrznego i elementów tocznych. We wszystkich typach łożysk luz jest koniecznością. Może być on bardzo mały, ale jednak musi być. W przeciwnym przypadku łożysko w czasie pracy ulegnie zatarciu.

Z reguły wartość luzu jest mała, mierzona w setnych częściach milimetra. Dla łożysk tocznych o zwartej budowie wartości luzów są znormalizowane i ściśle określone w zależności od średnicy otworu łożyska. Norma PN ISO 5753 „Łożyska toczne. Luzy promieniowe” klasyfikuje wartości luzów w grupy o symbolach od C1 do C5. Między C2 i C3 znajduje się luz CN, czyli normalny. Jest to po prostu luz średni, najczęściej spotykany w budowie maszyn. Luz C1 jest najmniejszy, często zbliżony do wartości 0 μm . Tak są łożyskowane bardzo dokładnie wirujące wały, np. szlifierek. Luz C5 jest największym z możliwych i ma zastosowanie w maszynach źle lub wcale niesmarowanych, np. w silnikach elektrycznych.

Ponieważ wartość luzu ma kluczowe znaczenie dla zastosowania danego łożyska, a jednocześnie jego różnica nie powoduje żadnych widocznych gołym okiem zmian konstrukcyjnych, to jedynym sposobem na ich odróżnienie jest pomiar. Dokonujemy tego za pomocą szczelinomierza lub czujnika zegarowego.

Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych

1. Szczelinomierz

Przedmiotem opracowania są szczelinomierze w kompletach MWSb (PN-75/M-53390 Narzędzia pomiarowe. Szczelinomierze). Służą do pomiaru długości bardzo małych wymiarów – szczelin pomiędzy dwiema płaszczyznami. Pojedyncze płytki (listki) mają grubość od 0,03 do 1mm, ale można składać je w pakiety o dowolnej grubości. Szczelinomierzem mierzymy luz wewnętrzny, najczęściej poprzeczny (promieniowy) łożysk nierozdzielnych baryłkowych, wałeczkowych oraz igiełkowych, oczywiście konstrukcji otwartej, tzn. bez osłon uszczelniających. typu 2Z i 2RS. Można nim mierzyć również luz w łożyskach ślizgowych oraz wszelkie inne szczeliny.

1.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Brak na szczelinomierze stosownej instrukcji w Dziennikach Urzędowych Miar i Probiernictwa.

1.2. Sprawdzanie sposobem warsztatowym

1.2.1. Oględziny zewnętrzne

Szczególną uwagę należy zwrócić na płytki cienkie, bo najczęściej ulegają uszkodzeniom. Płytki uszkodzone można obciąć. Oczywiście, bardzo ważna jest czytelność oznaczeń.

1.2.2. Ocena stopnia namagnesowania

Ocenę namagnesowania i ewentualne jego usunięcie należy przeprowadzić wg pkt. II.1.2.5. Niezależnie od tego, przed pomiarem należy płytki szczelinomierza wytrzeć suchą szmatką.

1.2.2. Pomiar grubości płytek

Do pomiarów używamy mikrometru wg rys. 77, a do bardzo cienkich płytek – transamtru. Pomiarów należy dokonać w kilku miejscach, a szczególnie mocno zużytych. Uzyskane wyniki należy odnieść do wymagań normy PN-75/M-53390.



Rys. 77. Pomiar płytek szczelinomierza. Wymiar 0,40 mm

1.3. Typowe błędy popełniane podczas pomiaru szczelinomierzem luzu łożysk

1.3.1. Zaciśnięcie płytek

Mierząc luz łożyska można „na siłę” wsunąć płytkę lub ich pakiet o znacznie większym nominale niż faktycznie należy. Jest to możliwe, ponieważ elementy toczne łożyska podczas

wciskania szczelinomierza obracają się i wciągają płytkę. Powoduje to zawyżenie rzeczywistej wartości luzu i zgniecenie płytki.

1.3.2. Źle złożony pakiet płytek szczelinomierza

Podczas posługiwania się pakietem płytek szczególnie narażone na uszkodzenie są te najcieńsze, zwłaszcza gdy znajdują się na zewnątrz, a mierzona szczelina ma skomplikowany kształt.

1.3.3. Zabrudzenia

Zabrudzenia, zwłaszcza o charakterze ziarnistym, zaniżają rzeczywistą wartość luzu oraz powodują uszkodzenia powierzchni badanej i płytki szczelinomierza.

1.3.4. Zastosowanie szczelinomierzy

Szczelinomierze nadają się głównie do pomiaru luzu między powierzchniami równymi i równoległymi. Powierzchnie bardzo zakrzywione, jak np. bieżnie w łożyskach kulkowych, mogą spowodować uszkodzenie płytki oraz błędny pomiar. Oczywiście mierzymy też inne luzy i szczeliny, np. w zazębieniu kół, luzy wzdłużne łożysk, pęknięcia itp.

1.4. Prawidłowy przebieg pomiaru luzu łożyska

1.4.1. Właściwe stosowanie szczelinomierzy

Szczelinomierze nadają się głównie do pomiaru luzu między powierzchniami równymi, równoległymi i gładkimi. Takie warunki występują w łożyskach z elementami tocznymi w kształcie walca (wałeczki, baryłki, igielki). Powierzchnie bardzo zakrzywione, jak np. bieżnie w łożyskach kulkowych mogą spowodować uszkodzenie płytki oraz błędny pomiar. Zasada ta dotyczy również łożysk baryłkowych, ale o bardzo małych średnicach. W takim przypadku luz mierzymy czujnikiem zegarowym. Oczywiście szczelinomierzem mierzymy też inne luzy, np. w zazębieniu kół, luzy wzdłużne łożysk, pęknięcia, ale zawsze należy kierować się powyższą zasadą: szczelinomierz nie może być poddawany ugięciom poprzecznym.

Uwaga podstawowa. Należy unikać błędów jak wyżej.

1.4.1. 1.4.2. Układanie płytek szczelinomierza w pakiet

Przy układaniu płytek w pakiet należy zwracać uwagę, aby żądany wymiar uzyskać z jak najmniejszej ich ilości, możliwie najgrubszych. Gradacja w kompletach pozwala

z reguły na zrealizowanie każdego wymiaru z dwóch płytek. Jeżeli jest to niemożliwe, trzeba płytkę najcieńszą wstawiać do środka pakietu, co uchroni ją przed szybkim zużyciem.

Uwaga. Każdą płytkę starannie wycieramy suchą szmatką.

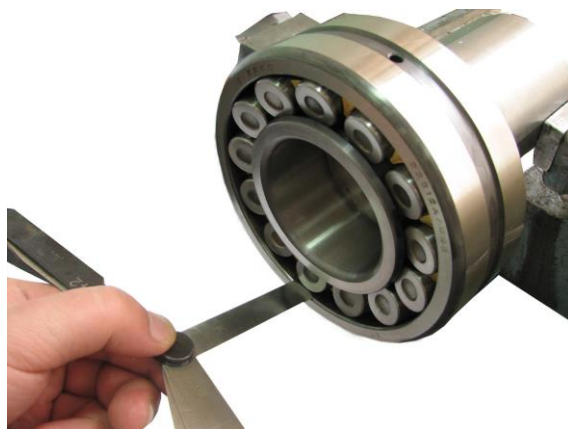
1.4.2. 1.4.3. Technika pomiaru luzu łożysk szczelinomierzem

- łożysko powinno stać pionowo, a oba pierścienie, tj. zewnętrzny i wewnętrzny muszą być w jednej płaszczyźnie,
- płytkę szczelinomierza lub ich pakiet należy wsuwać od czoła baryłki, a nie poprzecznie – patrz uwaga w pkt. 1.3.1.,
- w łożysku opartym na pierścieniu zewnętrznym (stojącym swobodnie) luz mierzymy w położeniu górnym (rys. 78),



Rys. 78. Pomiar luzu łożyska opartego na pierścieniu zewnętrznym. Baryłkowe dwurzędowe

- w łożysku zawieszonym na pierścieniu wewnętrznym luz mierzymy w położeniu dolnym (rys. 79).



Rys. 79. Pomiar luzu łożyska zawieszzonego na czopie

- celowe jest obrócić łożysko i dokonać pomiaru w dwóch, trzech innych miejscach, (na sąsiednich baryłkach), ale zawsze w tym samym położeniu. Dotyczy to zwłaszcza łożysk używanych.

2. Czujnik zegarowy

Przedmiotem opracowania jest czujnik MDAa (PN-68/M-53260 Warsztatowe środki pomiarowe. Czujniki zębate zegarowe). Czujniki służą do pomiaru bardzo małych wychyleń przedmiotów ruchomych. Dokładność wskazań wynosi od 0,01 do 0,001mm. Występują z reguły łącznie z podstawką, np. wg PN-61/M-53261 Warsztatowe środki miernicze. Podstawa do czujników zwykła z chwytem ϕ 4 i 8 mm..

2.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo zgodnie z instrukcją ujętą w Dz.U.M.iP. nr 11/96 poz. 59, 60 lub 61 (w zależności od typu czujnika) i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie nacisku pomiarowego,
- wyznaczanie zmiany wskazań wywołanej naciskiem bocznym na trzpień pomiarowy,
- wyznaczanie zakresu rozrzutu wskazań,
- sprawdzanie tłumienia układu wskazującego,
- sprawdzanie wpływu pochylenia czujnika na wskazanie,
- wyznaczanie błędów wskazań,
- wyznaczanie histerezy pomiarowej.

Dopuszczalne odchylenia podane są w Dz.U.M.i P. nr 11/96 oraz w normie PN-68/M-53260. W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

2.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

2.2.1. Oględziny zewnętrzne

Zwracamy szczególnie uwagę na:

- czytelność tarczy,
- prostoliniowość i pewność zamocowania wskazówki,
- zużycie końcówki pomiarowej,

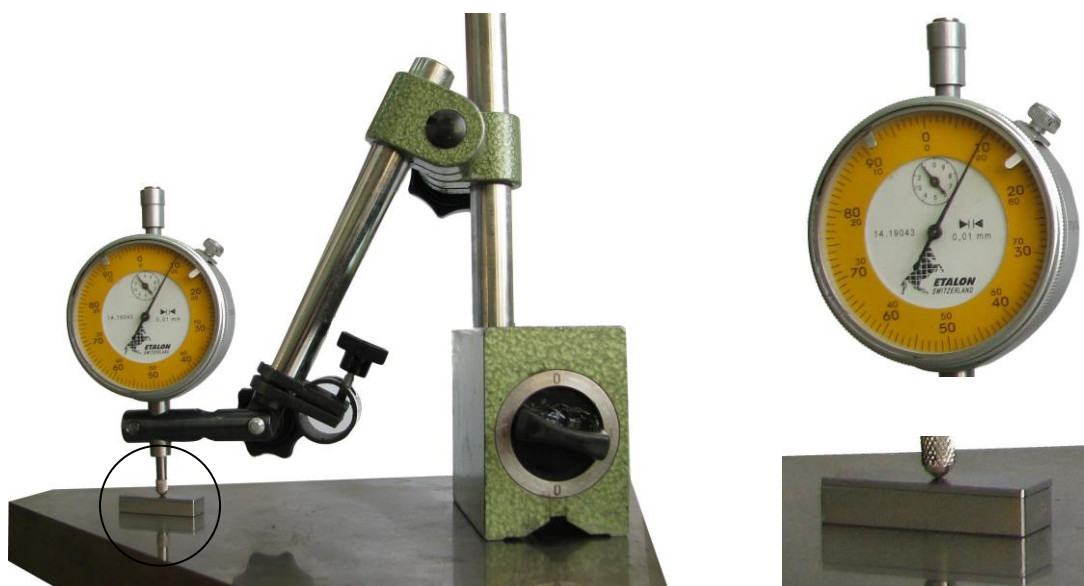
- opory ruchu trzpienia,
- powrót trzpienia do punktu wyjścia.

2.2.2. Zespół trzpienia, przetwornika i wskazówki

Przesuw trzpienia, praca przetwornika i obrót wskazówki powinny być płynne, bez zacięć i luzów. Sprawdzamy to przez parokrotny nacisk na końcówkę pomiarową, aż do zrealizowania pełnego zakresu wskazań.

2.2.3. Ocena błędów wskazań

Pomiaru błędów wskazań dokonujemy w całym zakresie pomiarowym, a minimum w trzech punktach: początkowym, środkowym i końcowym. Do tego celu konieczna jest płyta pomiarowa i płytki wzorcowe. Po wyzerowaniu wskazań czujnika, na powierzchni płyty podkładamy pod końcówkę trzpienia kolejne płytki wzorcowe i porównujemy ich wartość z odczytem na tarczy zegarowej wg rys. 80.



Rys. 80. Ocena błędów wskazań czujnika – pomiar płytki wzorcowej, wskaz 1,10 mm

2.2.4. Pomiar wartości histerezy

Pomiar ten dokonujemy przy okazji oceny błędów wskazań wg pkt. 2.2.3., z tym, że czujnikiem mierzymy płytki wzorcowe o narastających wartościach, np. 1 mm, 5 mm i 10 mm, a następnie te same, ale odwrotnie, tj. 10, 5 i 1 mm. Różnica wskazań narastających i malejących na poszczególnych wartościach jest miarą histerezy. Wyniki należy odnieść do wymagań normy PN-68/M-53260.

2.2.5. Ocena wpływu pochylenia czujnika na wskazania

Często nie można dokonać pomiaru za pomocą czujnika ustawionego prostopadłe do badanej powierzchni. Konieczne jest wykonanie pomiaru czujnikiem pochylonym. Jest to możliwe, i to bez powstania dodatkowego, dużego błędu. Należy w tym celu dokonać szeregu sprawdzeń wskazań na tym samym wzorcu lub przedmiocie przy narastającym kącie pochylenia czujnika, aż do momentu, gdy zacznie powstawać istotny błąd pomiaru. Z funkcji trygonometrycznych wiemy, że odchylenie o 15° od prostopadłości nieznacznie tylko wpływa na wartość odczytu przesunięcia. Praktyka dowodzi też, że taki kąt nie wywołuje istotnych sił bocznych działających na trzpień pomiarowy czujnika. Wartość ta określa dopuszczalny kąt nachylenia czujnika względem powierzchni mierzonej.

Uwaga. Duży wpływ na w/w kąt ma chropowatość mierzonej powierzchni, falistość i jej kształt.

2.3. Najczęściej spotykane błędy w pomiarach czujnikiem zegarowym

2.3.1. Błąd „zera”

Przed rozpoczęciem pomiarów należy nakręcić wskaz zerowy tarczy zegarowej na właściwe położenie wskazówki. Każda niedokładność w tym miejscu nakłada się na późniejsze wyniki pomiarów.

2.3.2. Błąd pochylenia czujnika

Nadmierne pochylenie czujnika względem powierzchni badanej wprowadza błąd do wyniku, patrz pkt 2.2.5. Błąd ten szczególnie łatwo popełnić podczas pomiaru luzu łożysk o małej średnicy (rys. 81).



Rys. 81. Graniczne dopuszczalne odchylenia osi czujnika od osi łożyska (15°)

2.3.3. Błąd od badanego łożyska

Podczas pomiaru luzu łożyska należy wykonywać przesuw badanego pierścienia tylko w zakresie jego luzu, prostopadle do trzpienia pomiarowego czujnika (rys. 82). Użycie nadmiernej siły powoduje ruch całego łożyska, co daje wymiar nadmierny. Najlepiej unieruchomić pierścień wewnętrzny i badać przesuw pierścienia zewnętrznego np. wg rys. 81 – łożysko osadzone na czopie.

2.3.4. Błąd zamocowania czujnika

Czujnik powinien być zamocowany w sposób pewny do ramienia podstawki (PN-61/M-53261 Warsztatowe środki miernicze. Podstawa do czujników zwykła z chwytem $\phi 4$ i 8mm). Każdy luz może być przyczyną błędów pomiaru, zawsze koniecznym jest staranne dokręcenie wszystkich ramion podstawki. Problem ten rozwiązują czujniki z oprawą magnetyczną, ponieważ nie wymagają żadnych elementów mocujących (rys. 82).



Rys. 82. Pomiar luzu łożyska kulkowego czujnikiem zegarowym z magnesem.

Magnes znajduje się od spodu czujnika i jest na tyle mocny, że przypadkowe jego przesunięcie jest niemożliwe.

2.3.5. Błąd paralaksy

Wskazówka czujnika obraca się w pewnej odległości nad tarczą ze wskazami. Odczyt wskazań z pozycji bocznej wprowadza błąd paralaksy.

2.4. Prawidłowy pomiar luzu łożyska czujnikiem

2.4.1. Mocowanie czujnika w podstawce

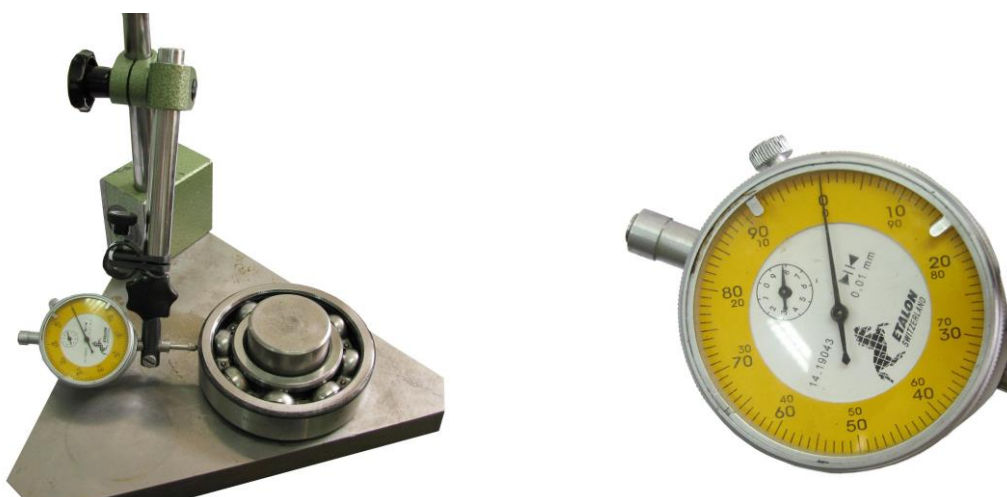
Czujnik nasuwamy we właściwe położenie na ramieniu podstawki i mocno dokręcamy zacisk. Również sama podstawka musi być solidnie przytwierdzona do nieruchomej bazy. Najlepiej, gdy podstawka ma magnes, oczywiście, gdy bazą jest element stalowy (rys. 81).

2.4.2. Mocowanie łożyska do pomiarów

Łożysko powinno być sztywno unieruchomione, najlepiej przez pierścień wewnętrzny, np. na trzpieniu.

2.4.3. Pomiar

Trzpień pomiarowy dosuwamy do badanego pierścienia, najlepiej zewnętrznego, aby cofnął się do ok. 50% długości zakresu pomiarowego (rys. 83) i przekręcamy tarczę na wskaz zerowy. Następnie przesuwamy pierścień łożyska w obie strony, aż do wybrania luzu łożyska. Wartość luzu stanowi różnica między wskazaniem maksymalnym, a minimalnym na tarczy czujnika. Jest to zawsze liczba dodatnia.



Rys. 83. Prawidłowy pomiar luzu łożyska kulkowego. Wskaz na małej tarczy czujnika 8 mm, na dużej 0 mm

Uzyskany wynik pomiaru odnosimy do normy PN-ISO 5753 Łożyska toczne. Luzy promieniowe, zwracając uwagę, aby odczytać go z właściwej tabeli ze względu na typ łożyska. W przypadku pomiaru luzów o wielkości przekraczającej wskaz tarczy dużej należy przed pomiarem zapamiętać położenie wskazówki na tarczy małej albo uważnie liczyć obroty długiej wskazówki.

3. Łożyska ślizgowe

Pomiary luzów w łożysku ślizgowym, oczywiście zamontowanym w obudowie i na czopie, dokonujemy takimi samymi narzędziami, tj. szczelinomierzem lub czujnikiem zegarowym. Dodatkowo luz możemy obliczyć, mierząc średnice otworu panewki i czopa. Różnica w wymiarach, zawsze dodatnia, to luz promieniowy łożyska. Oczywiście różnica ujemna oznacza, że panewka jest zaciśnięta na czopie.



Rys. 84. Pomiar luzu w łożysku ślizgowym pakietem szczelinomierzy:
a) łożysko zawieszona na czopie – pomiar od dołu, b) łożysko oparte – pomiar od góry.

Pomiar luzu w łożyskach ślizgowych odbywa się na tych samych zasadach co w łożyskach z elementami tocznymi walcowymi. Wyjątek stanowią łożyska bardzo małe, gdzie szczelinomierz ze względu na swą szerokość nie zmieści się. W tym przypadku należy posłużyć się czujnikiem.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 5B

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie Katedra Mechaniki i Budowy Maszyn	Imię i nazwisko studenta		
	Imię i nazwisko prowadzącego		
	Wydział		Grupa
	Rok studiów	Semestr	Rok akademicki
	Ocena	Podpis	Uwagi
Metrologia warsztatowa – laboratorium pomiarowe			

Temat: Pomiary luzów i szczelin

Pomiar luzu łożyska

Ćwiczenia odbyto dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
-----------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

1. Manualne opanowanie szczelinomierza i czujnika zegarowego.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych w/w narzędzi pomiarowych.
3. Przygotowanie łożyska tocznego do badań, w tym:
 - rozpoznanie typu łożyska wg numeru fabrycznego i normy PN-80/M-86402 Łożyska toczne. Klasyfikacja,
 - pomiar głównych wymiarów gabarytowych wg normy PN-86/M-86404 Łożyska toczne. Główne wymiary,
 - sprawdzenie podstawowych parametrów wg normy PN-89/M-86406 Łożyska toczne. Wymagania,
 - przeprowadzenie pomiarów wg normy PN-89/M-86410 Łożyska toczne. Badania,
 - dobór metody pomiaru luzu.
4. Przygotowanie łożyska ślizgowego do badań.

5. Dokumentowanie wyników pomiarów:

- szkic łożyska w uproszczeniu wg normy PN-74/M-01135 Rysunek techniczny maszynowy. Uproszczenia rysunkowe. Łożyska toczne,
- odniesienie uzyskanych wyników do normy PN ISO 5753 Łożyska toczne. Luzy promieniowe.

1. Umiejętność korzystania z norm.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe

1. Szczelinomierz i jego zastosowanie.
2. Czujnik zegarowy.
3. Podstawka czujnika.
4. Budowa łożysk tocznych.
5. Oznaczenia łożysk tocznych.
6. Budowa łożysk ślizgowych.

Zadania dodatkowe

1. Tolerancje i pasowania.
2. Chropowatość powierzchni obrobionych.
3. Rysunek techniczny maszynowy. Uproszczenia rysunkowe łożysk.

III. Literatura

Literatura podstawowa

1. Norma PN-74/M-01135 Rysunek techniczny maszynowy. Uproszczenia rysunkowe. Łożyska toczne.
2. Norma PN-80/M-53130 Narzędzia suwmiarkowe. Przyrządy suwmiarkowe. Wymagania.
3. Norma PN-68/M-53260 Warsztatowe środki pomiarowe. Czujniki zębate zegarowe.
4. Norma PN-61/M-53261 Warsztatowe środki miernicze. Podstawka do czujników zwykła z chwytem ϕ 4 i 8 mm.
5. Norma PN-75/M-53390 Narzędzia pomiarowe. Szczelinomierze.
6. Norma PN-80/M-86402 Łożyska toczne. Klasyfikacja.
7. Norma PN-89/M-86410 Łożyska toczne. Badania.
8. Norma PN-ISO 5753 Łożyska toczne. Luzy promieniowe.
9. Norma PN-80/M-87101 Łożyska ślizgowe. Tuleje. Wymiary.

Literatura dodatkowa

1. Norma PN-ISO 3547 Łożyska ślizgowe. Tuleje zwijane. Wymiary, tolerancje i metody badań.
2. Norma PN-ISO 3548 Łożyska ślizgowe. Półpanwie cienkościenne kołnierzowe lub proste. Tolerancje, szczegóły konstrukcyjne i metody badań.
3. Norma PN-86/M-86404 Łożyska toczne. Główne wymiary.
4. Norma PN-89/M-86406 Łożyska toczne. Wymagania.
5. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 6/96.
6. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 4/99.
7. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 11/96.

IV. Szkic odręczny badanych łożysk w uproszczeniu rysunkowym wg PN-74/M-01135 **Rysunek techniczny maszynowy. Uproszczenia rysunkowe. Łożyska toczne, razem z planem wymiarów gabarytowych.**

V. Pomiary i oznaczenia badanych łożysk

- wymiary gabarytowe $D \times d \times B$ [mm], suwmiarka uniwersalna,
- oznaczenia spisać z powierzchni bocznej łożysk,
- porównać dwie ostatnie cyfry oznaczenia ze średnicą otworu łożyska.

VI. Dobór i sprawdzanie narzędzi pomiarowych

1. Suwmiarka MAUd:

- zakres pomiarowy.....
- dokładność wskazań wg PN-80/M-53130.....
- dopuszczalny błąd przyrządu.....
- sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....

Uwaga: Pełne sprawdzanie metrologiczne podaje Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 6/96 i 4/99.

2. Szczelinomierz MWSb:

- zakres pomiarowy.....
- odchyłka $\Delta\alpha$ grubości pomiarowej wg PN-75/M-53390.....
- sprawdzanie metrologiczne warsztatowe

3. Czujnik zegarowy MDAa:

- zakres pomiarowy.....
- dokładność wskazań
- dopuszczalny błąd wskazań wg PN-68/M-53260
- sprawdzanie metrologiczne warsztatowe

Uwaga: Dopuszczalny błąd oraz odchyłki graniczne odczytujemy z norm dla konkretnych wskazań narzędzia pomiarowego.

VI. Pomiary szczelinomierzem

1. Łożysko toczne baryłkowe:

- oznaczenie fabryczne
- rozpoznanie typu wg PN-80/M-86402
- pomiary gabarytowe [mm]: $d = \dots$ $D = \dots$ $B = \dots$
- luz promieniowy zmierzony [0,01 mm]
- oznaczenie luzu wg normy PN-ISO 5753

2. Łożysko ślizgowe:

- pomiar średnicy czopu suwmiarką [0,05 mm].....
- pomiar średnicy otworu suwmiarką [0,05 mm].....
- pomiar luzu promieniowego szczelinomierzem [0,01 mm].....

VII. Pomiar luzu łożyska czujnikiem

1. Łożysko toczne kulkowe:

- oznaczenie fabryczne
- rozpoznanie typu wg PN-80/M-86402
- pomiary gabarytowe [mm]: $d = \dots D = \dots B = \dots$
- luz promieniowy zmierzony [0,01 mm]
- oznaczenie luzu wg normy PN-ISO 5753

2. Łożysko ślizgowe:

- pomiar średnicy czopu suwmiarką [0,05 mm].....
- pomiar średnicy otworu suwmiarką [0,05 mm].....
- pomiar luzu promieniowego czujnikiem [0,01 mm].....

VIII. Zadania

1. Określić różnicę badanych łożysk tocznych ze względu na metodę pomiaru luzu promieniowego.

-
-
-

2. Określić cechy luzów C1, C2, N (C_N), C3, C4, C5 łożysk tocznych

-
-
-

3. W łożysku ślizgowym porównać luzy zmierzone szczelinomierzem, czujnikiem oraz wyliczone z pomiaru średnic

-

VII. Wprowadzenie do Laboratorium nr 5C

Pomiar odchyłek położenia

Cel laboratorium

Celem zajęć jest zapoznanie się z problematyką pomiarów położenia wzajemnego części maszyn. Pasowania i tolerancje dwóch współpracujących części, np. wałka i otworu są najprostszą formą kojarzenia części maszyn. Dużo trudniej jest dopasować więcej detali jednocześnie. W grę wchodzi dokładność wykonania indywidualnego, jak i położenia wzajemnego. Ćwiczenie ma na celu uświadomienie podstawowych w tym względzie zależności. Pomiarom i analizom podlegać będzie tarcza z trzema lub czterema kołkami (rys. 85), które powinny wejść w otwory tarczy współpracującej. Jest to zagadnienie dość powszechne w budowie maszyn.

Charakterystycznymi wymiarami są tu: rozstaw osi L_t i średnica podziałowa D_p . Zgodnie z zasadami rysunku technicznego rozstawy otworów, kołków, śrub i innych podobnych elementów wymiaruje się według ich osi symetrii. Z metrologicznego punktu widzenia jest to niemożliwe do zmierzenia. Pomiaru mają sens, gdy są wykonywane względem krawędzi rzeczywistych. Ćwiczenie, a szczególnie rys. 85, przedstawiają sposób pogodzenia obu, na pozór sprzecznych, wymagań.

Jeżeli elementy maszynowe, np. otwory, są rozłożone koncentrycznie względem jakiegoś punktu, wtedy mówimy, że są one na średnicy podziałowej D_p . Jest to rysa, na której znajdują się osie sytuowanych otworów, kołków itp. wg rys.85.

1. Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych

1.1. Suwmiarka uniwersalna dwustronna MAUa

Pełny opis sprawdzeń, błędów pomiarowych i zastosowań znajduje się w rozdziale II. 1.

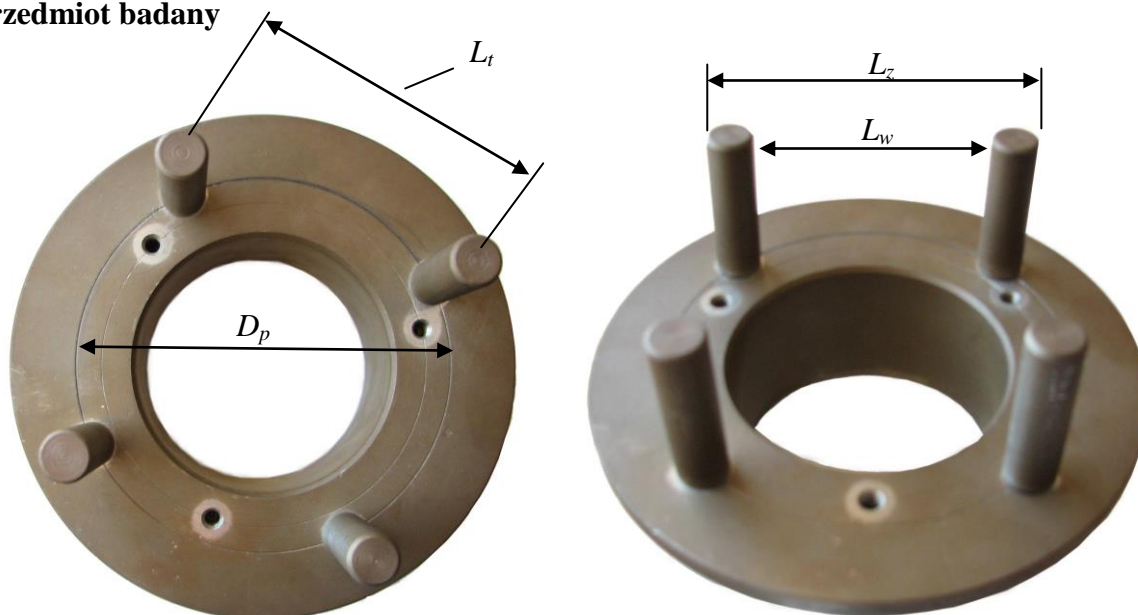
1.2. Kątownik 90° krawędziowy stalowy MKSg

Pełny opis sprawdzeń, błędów pomiarowych i zastosowań znajduje się w rozdziale IV. 2.

1.3. Szczelinomierz MWSb

Pełny opis sprawdzeń, błędów pomiarowych i zastosowań znajduje się w rozdziale V. 5B. 1.

2. Przedmiot badany



Rys. 85. Tarcza z kołkami

Przedmiotem badanym jest tarcza płaska z trzema lub czterema kołkami rozłożonymi symetrycznie na określonej średnicy podziałowej D_p (rys. 85). Przy pomocy suwmiarki uzyskamy wymiar wewnętrzny rozstawu L_w i zewnętrzny L_z . Po obliczeniach dadzą one poszukiwany wymiar rozstawu osi L_t . Do obliczeń potrzeba jest też średnica podziałowa D_p , na której położone są kołki. Ze wzorów geometrycznych obliczymy teoretyczny, czyli idealny, rozstaw kołków. Będzie on stanowił punkt odniesienia dla wymiarów rzeczywistych, uzyskanych w trakcie ćwiczenia. Różnica między nimi, zawsze dodatnia, to odchyłka – błąd położenia. Jej największa wartość (wg normy PN-80/M-02138 Tolerancje kształtu i położenia. Wartości) decyduje o klasie dokładności położenia badanych kołków.

3. Sprawozdanie z ćwiczenia nr 5C

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie Katedra Mechaniki I Budowy Maszyn	Imię i nazwisko studenta		
	Imię i nazwisko prowadzącego		
	Wydział		Grupa
	Rok studiów	Semestr	Rok akademicki
	Ocena	Podpis	Uwagi
Metrologia warsztatowa – laboratorium pomiarowe			

Temat: Odchyłki położenia wzajemnego części maszyn

Pomiar odchyłki położenia

Ćwiczenie odbyło się dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
---------------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

1. Manualne opanowanie narzędzi pomiarowych.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych narzędzi pomiarowych.
3. Przygotowanie tarczy do pomiarów.
4. Dokumentowanie wyników pomiaru.
5. Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

II. Zadania kontrolne

1. Wymienić i omówić błędy położenia.
2. Wymienić i omówić przypadki błędów położenia w rzeczywistych częściach maszyn.

III. Literatura

Literatura podstawowa

1. Norma PN-ISO 129 Rysunek techniczny. Wymiarowanie. Zasady ogólne. Definicje. Metody wykonywania i oznaczenia specjalne.
2. Norma PN-80/M-02138 Tolerancje kształtu i położenia. Wartości.
3. Norma PN-80/M-53130 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy suwmiarkowe. Wymagania.
4. Norma PN-86/M-53160 Narzędzia pomiarowe. Kątowniki 90° stalowe.
5. Norma PN-75/M-53390 Narzędzia pomiarowe. Szczelinomierze.

Literatura uzupełniająca

1. Norma PN-93/M-01123 Rysunek techniczny maszynowy. Tolerancja kształtu i położenia. Zasada maksimum materiału.
2. Norma PN-78/M-02137 Tolerancje kształtu i położenia. Nazwy i określenia.
3. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 6/96.
4. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 12/96.
5. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 4/99.

IV. Szkic odręczny tarczy wraz z planem wymiarów, widok z góry

V. Przyrządy pomiarowe

1. Suwmiarka MAUd:

- zakres pomiarowy.....
- dokładność wskazań.....
- dopuszczalne błędy przyrządu wg PN-80/M-53130.....
- sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....

2. Kątownik 90° krawędziowy płaski MKSg:

- wymiary $L \times l$
- tolerancja T_v prostokątności wg PN-86/M-53160.....
- sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....

3. Szczelinomierz MWSb:

- zakres pomiarowy zestawu płytek
- odchyłki Δa grubości pomiarowej płytek wg PN-75/M-53390.....
- sprawdzanie metrologiczne warsztatowe

Uwaga: Dopuszczalny błąd oraz odchyłki graniczne odczytujemy z norm dla konkretnych wskazań narzędzia pomiarowego.

VI. Pomiary podstawowe

1. Suwmiarka

- ilość kołków na tarczy.....
- średnica podziałowa położenia kołków $Dp = 2R$ [mm], gdzie R – promień,
- teoretyczny rozstaw kołków Lt [mm]:

wzory do obliczeń teoretycznego rozstawu kołków:

$$\text{dane: } R = Dp/2 = \dots\dots\dots$$

$$\text{to dla: } 3 \text{ kołki: } Lt = 3R/\sqrt{3} = \dots\dots\dots$$

$$4 \text{ kołki: } Lt = \sqrt{2} \cdot R = \dots\dots\dots$$

- średnice kołków [0,1 mm], pomiar suwmiarką:

$$d_1 = \dots\dots\dots \quad d_3 = \dots\dots\dots$$

$$d_2 = \dots\dots\dots \quad d_4 = \dots\dots\dots$$

2. Pomiar rozstawu kołków suwmiarką:

L_w – rozstaw wewnętrzny kołków,

L_z – rozstaw zewnętrzny kołków.

2.1. Tabela wymiarów [0,1 mm] na poziomie pomiarowym $p = 5\text{mm}$

$$L_{w1} = \dots\dots\dots L_{z1} = \dots\dots\dots$$

$$L_{w2} = \dots\dots\dots L_{z2} = \dots\dots\dots$$

$$L_{w3} = \dots\dots\dots L_{z3} = \dots\dots\dots$$

$$L_{w4} = \dots\dots\dots L_{z4} = \dots\dots\dots$$

Rzeczywisty rozstaw osi kołków [0,1 mm] wynosi:

$$L_1 = (L_{z1} + L_{w1})/2 = \dots\dots\dots$$

$$L_2 = (L_{z2} + L_{w2})/2 = \dots\dots\dots$$

$$L_3 = (L_{z3} + L_{w3})/2 = \dots\dots\dots$$

$$L_4 = (L_{z4} + L_{w4})/2 = \dots\dots\dots$$

Odchyłka od położenia teoretycznego ΔL wynosi [0,1 mm]:

$$L_t \text{ – dane obliczone w pkt. 1.} = \dots\dots\dots$$

$$\Delta L_1 = L_1 - L_t = \dots\dots\dots$$

$$\Delta L_2 = L_2 - L_t = \dots\dots\dots$$

$$\Delta L_3 = L_3 - L_t = \dots\dots\dots$$

$$\Delta L_4 = L_4 - L_t = \dots\dots\dots$$

2.2. Pomiary powtórzyć na poziomie pomiarowym $p = 40\text{ mm}$

2.3. Określić tolerancję T położenia poszczególnych par kołków wg PN-80/M-02138 pkt 2.2.

$$T(L_1) = \dots\dots\dots$$

$$T(L_2) = \dots\dots\dots$$

$$T(L_3) = \dots\dots\dots$$

$$T(L_4) = \dots\dots\dots$$

tolerancja ogólna, rzeczywista położenia (rozstawu) kołków.....

3. Kątownik + szczelinomierz

– pomiar odchylenia kołków od prostopadłości [0,01/50 mm]:

$$\perp d_1 = \dots\dots\dots \perp d_3 = \dots\dots\dots$$

$$\perp d_2 = \dots\dots\dots \perp d_4 = \dots\dots\dots$$

VII. Zadania

1. Określić wpływ błędów położenia na zamienność części.
2. Określić rzeczywistą średnicę otworów w części współpracującej (nasadzanej) tak, aby montaż wzajemny był możliwy. Porównać ze średnicą kołków.

VII. Wprowadzenie do Laboratorium nr 6

Statystyka. Pomiary w produkcji seryjnej

Cel laboratorium

Celem zajęć jest zapoznanie się z problematyką pomiarów dużej ilości jednakowych detali. Zagadnienie występuje w produkcji seryjnej i masowej, a także przy dostawach dużej ilości tego samego wyrobu. Cechami wspólnym są:

- narzędzia pomiarowe zdolne do szybkiego pomiaru,
- metody statystyczne oceny pomiarów.

Metody statystyczne można podzielić ze względu na liczbę sztuk zbadanych (wielkość próbki). Ogólnie przyjęte jest, że poniżej 30 sztuk próbka jest mała, a powyżej duża. Ważny jest też poziom ufności uzyskanych wyników. W przemyśle funkcjonują trzy poziomy ufności: 95%, 99% i 99,5%. Natomiast kluczowe znaczenie ma sposób pobierania sztuk do pomiarów z badanej populacji, czyli próbka reprezentatywna. Właściwie dobrana próbka jest obrazem całej populacji, z której została pobrana. Obróbka statystyczna pozwala określić ramy prawdopodobnego rozkładu elementów populacji, w szczególności wartości średniej.

Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych

1. Mikrometr z czujnikiem wbudowanym. Transametr

Przedmiotem opracowania są mikrometry czujnikowe MMCC i transametry MMCf (PN-75/M-53259 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne czujnikowe. Wymagania). Służą do pomiarów małych rozrzutów długości o zakresie rzędu 0,1 mm, z dokładnością 0,001 lub 0,002 mm. Wymagają płytek wzorcowych do nastawiania wskazania zerowego. Ich konstrukcja pozwala na dokonywanie szybkich i dokładnych pomiarów z góry określonego wymiaru z założoną odchyłką maksymalną i minimalną.

1.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo zgodnie z instrukcją ujętą w Dz.U.M.i P. nr 11/96 poz. 57 i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie nacisku pomiarowego,

- sprawdzanie siły potrzebnej do zmiany nastawienia położenia kąowego końcówki pomiarowej,
- sprawdzanie błędów wskazań,
- sprawdzanie histerezy pomiarowej,
- sprawdzanie zakresu rozrzutu wskazań.

Dopuszczalne odchylenia podane są w Dz.U.M.i P. nr 11/96 i w normie PN-75/M-53259.

W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

1.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

Ze względu na dużą dokładność przyrządów sprawdzanie warsztatowe ogranicza się do:

- oględzin zewnętrznych,
- sprawdzania wskazań czujnika za pomocą płytek wzorcowych wg rys. 84.



Rys. 84. Sprawdzanie transmetru płytkami wzorcowymi $7+6 = 13,000$ [mm].

Transmetr zamocowany jest w uchwycie MMZn/1. Zakres pomiarowy $\pm 24 \mu\text{m}$ od wymiaru nominalnego 13,000, wskaźnik tolerancji (czerwone kresy) ustawiony na $\pm 10 \mu\text{m}$

1.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach mikrometrami czujnikowymi

1.3.1. Błąd ustawienia wskazań zerowych

Należy dokładnie zmierzyć wymiar nominalny przedmiotu i dobrać według niego pakiet płytek wzorcowych do zerowania wskazań czujnika. Mały zakres pomiarowy czujnika sprawia, że łatwo wyjść poza jego wskaź. W takiej sytuacji czujnik przestaje działać. Można zakwalifikować

wymiar wychodzący poza granice zakresu pomiarowego jako wymiar maksymalny lub minimalny skali pomiarowej, a tymczasem odbiega on znacznie od wskazów.

1.3.2. Błędy przedmiotu mierzonego

Duża dokładność wskazań sprawia, że na wartość wymiaru przedmiotu wpływają też jego błędy kształtu, np. falistość, owalność, stożkowatość itp., a nawet nadmierna chropowatość.

1.3.3. Błąd temperaturowy

Dokładność rzędu 0,001 lub 0,002 mm sprawia, że niemal każda różnica temperatur między przedmiotem mierzonym a narzędziem pomiarowym wywołuje istotny błąd pomiaru.

1.3.4. Zanieczyszczenia

Każde zanieczyszczenie materiałem stałym, choćby najdrobniejszym, powierzchni mierzonej lub narzędzia pomiarowego wypacza wynik pomiaru – zawyża go. Również zanieczyszczenia smarem lub olejem są szkodliwe, ponieważ mały nacisk pomiarowy, od 5 do 10 N, nie jest w stanie wycisnąć wszystkich zanieczyszczeń płynnych.

1.3.5. Błąd cięciwy

Łatwo można wykonać pomiar cięciwy walca zamiast jego średnicy wg rozdziału II. 2.3.2. Skutkuje to zaniżeniem wymiaru średnicy mierzonego walca.

1.4. Pomiar prawidłowy

1.4.1. Zasada podstawowa

Unikać błędów jak wyżej.

1.4.2. Wskaźnik tolerancji

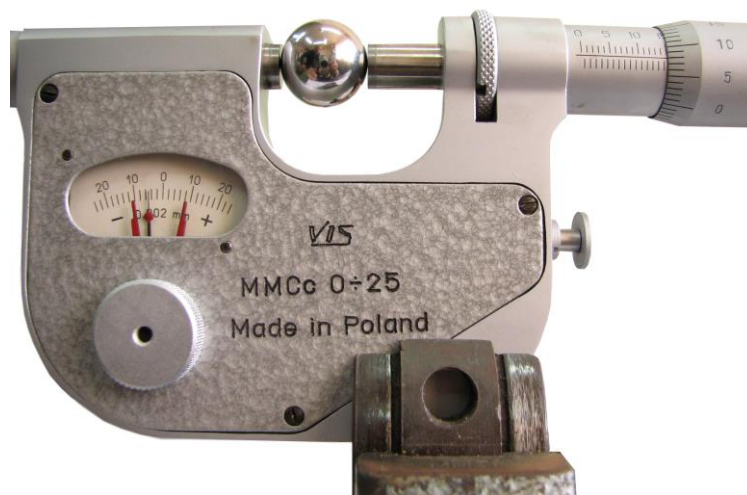
Należy właściwie korzystać ze wskaźnika tolerancji, w który wyposażona jest tarcza czujnika. Głównie polega to na tym, żeby poza wskaźnikiem tolerancji pozostały jeszcze wolne działki, a wskazówka nie wychylała się poza zakres pomiarowy.

1.4.3. Zacisk

Należy upewnić się, że domykanie zacisku (blokady ustawienia) nie zmienia wskazań zerowych.

1.4.4. Pomiar

Wstawiając przedmiot mierzony między wrzeciono i kowadełko należy korzystać z przycisku rozsuwającego obie powierzchnie pomiarowe. Podobnie trzeba zrobić podczas wyjmowania przedmiotu. Dosuwając wrzeciono i kowadełko do przedmiotu mierzonego należy zwolnić przycisk dość energicznie, aby nastąpił silny docisk (rys. 85).



Rys. 85. Pomiar kulki transmetrem. Wymiar odchyłki – 0,006 mm

2. Wzorce długości

Przedmiotem oceny są płytki wzorcowe MLab (PN-EN ISO 3650 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Wzorce długości. Płytki wzorcowe). Służą do wzorcowania, sprawdzania i nastawiania narzędzi pomiarowych. Dzięki możliwości składania płytek w pakiety, uzyskujemy niemalże dowolne wymiary wzorcowe.

2.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo wg instrukcji zawartej w Dz.U.M.iP. nr 30/95, poz.162 i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- określenie stopnia przywieralności,
- odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowej,
- odchylenie od płaskorównoległości powierzchni pomiarowych,
- określenie błędów długości pomiarowej,

- określenie klasy dokładności płytek.

Dopuszczalne odchylenia podane są w Dz.U.M.i P. nr 30/95 oraz w normie PN-EN ISO 3650. W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz umiejętności i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

2.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

2.2.1. Oględziny zewnętrzne

Zwracamy uwagę na stan powierzchni pomiarowych płytki. W szczególności wszelkie rysy i pęknięcia z zadziorami, korozje, a nawet plamy zmieniające wymiar dyskwalifikują ich przydatność metrologiczną.

2.2.2. Przywieralność

Jest to łatwa do stwierdzenia cecha płytek wzorcowych. Sprawdzanie polega na nasunięciu dwóch płytek na siebie z jednoczesnym naciskiem. Prawidłowo wykonany zabieg powinien sprawić przywarcie obu sztuk tak, że nie mogą odpaść od siebie. Brak przywieralności oznacza, że powierzchnia robocza jednej z nich jest zużyta.

2.2.3. Magnetyczność

Ocenę stopnia namagnesowania należy przeprowadzić wg pkt. II. 1.2.5.

2.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach płytkami wzorcowymi

2.3.1. Niewłaściwe składanie płytek w stosy

Dokładanie płytek w stos bez ich przywierania jest przyczyną błędów wskazań (nadmiernych).

2.3.2. Nadmierne stosy płytek

Układanie żądanego wymiaru ze zbyt dużej ilości płytek o małych nominałach jest szkodliwe i zwiększa błąd stosu.

2.3.3. Zabrudzenia

Nawet ślady po konserwacji są niedopuszczalne. Również odciski palców i kurz. Płytki należy brać za powierzchnie boczne, najlepiej za pomocą drewnianych szczypiec.

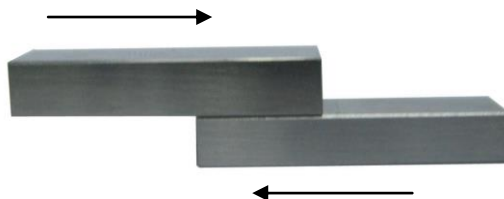
2.4. Pomiar płytkami wzorcowymi

2.4.1. Podstawowa zasada

Unikać błędów jak wyżej!

2.4.2. Składanie płytek w stos

- dokładać płytki z przywieraniem wzajemnym, tzn. przez nasuwanie, a nie nakładanie,



Rys. 86. Składanie płytek wzorcowych przez nasuwanie

- stos należy składać z jak najmniejszej liczby płytek,
- planować wymiar żądany począwszy od końca, tj. od części ułamkowej,
- płytki cienkie należy wkładać do środka, między płytki grubsze,
- korzystać z płytek pomocniczych i oprzyrządowania wg normy PN-74/M-53103 Narzędzia pomiarowe. Przybory do płytek wzorcowych.

2.4.3. Temperatura pomiarów

Pomiary należy wykonywać w temperaturze $20^{\circ} \pm 10^{\circ}\text{C}$, przy czym przedmiot mierzony i płytki powinny mieć tę samą temperaturę z odchyłką wg Dz.U.M.i P. nr 30/95. Różnica temperatury, w zależności od wymiaru i wymaganej klasy dokładności, może wynosić tylko $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 6

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie Katedra Mechaniki I Budowy Maszyn	Imię i nazwisko studenta		
	Imię i nazwisko prowadzącego		
	Wydział		Grupa
	Rok studiów	Semestr	Rok akademicki
	Ocena	Podpis	Uwagi
Metrologia warsztatowa – laboratorium pomiarowe			

Temat: Metody statystyczne

Analiza błędów w serii pomiarów

Ćwiczenie odbyło się dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
---------------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

1. Manualne opanowanie narzędzi pomiarowych.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych precyzyjnych narzędzi pomiarowych.
3. Przygotowanie dużej serii detali do pomiarów.
4. Dokumentowanie wyników pomiaru – analiza statystyczna wyników pomiarów.
5. Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe

1. Prawdopodobieństwo.
2. Zmienna losowa.
3. Dystrybuanta.
4. Wartość oczekiwana $E(x) = \mu$.
5. Populacja.

6. Klasa.
7. Histogram.
8. Wartość średnia \bar{x} .
9. Rozstęp.
10. Wariancja s^2 .
11. Odchylenie standardowe s .
12. Poziom ufności.
13. Próbką reprezentatywna.

Zadania dodatkowe

1. Korelacja.
2. Mediana.
3. Statystyka.
4. Estymacja.

III. Literatura

1. Norma PN-71/N-02050 Metrologia. Nazwy i określenia.
2. Norma PN-90/N-01051 Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. Terminologia.

IV. Przyrządy pomiarowe

1. Suwmiarka MAUd:
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - dopuszczalny błąd przyrządu wg PN-80/M-53130.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
2. Mikrometr czujnikowy (transometr) MMc:
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - odchyłka wskazań f_i wg PN-75/M-53259.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....
3. Płytki wzorcowe MLab:
 - odchyłki graniczne wg PN-EN ISO 3650.....

– sprawdzanie metrologiczne warsztatowe.....

4. Przybory do płytek wzorcowych MLUp.

Zestaw wg PN-74/M-53103.

Uwaga: Dopuszczalny błąd oraz odchyłki graniczne odczytujemy z norm dla konkretnych wskazań narzędzia pomiarowego.

V. Pomiar serii detali transametrem

Cel ćwiczenia: poznanie metody oceny wartości błędów przypadkowych, wyznaczenie przedziału ufności przy zadanym poziomie ufności, eliminacja pomiarów niepewnych. W tym celu zostaną przeprowadzone pomiary 30 sztuk jednakowych detali. Następnie wyniki pomiarów zostaną zanalizowane metodą trzysigmową, wariant I, a następnie według rozkładu Studenta-Fishera, korzystając z tablicy współczynników t . Pierwsza analiza jest przeprowadzona na poziomie ufności $P = 0,9973$, a druga przy $P = 0,95$. Zadaniem jest wyciągnięcie wniosków z tej analizy.

1. Pomiar zgrubny przedmiotów suwmiarką, wymiar nominalny: $d = \dots\dots\dots$
2. Ustawienie mikrometru czujnikowego (transametr) na wymiar d (...) nominalny przy pomocy płytek wzorcowych. **Uwaga:** Należy dążyć do tego, aby wymiar nominalny mieścił się w środku skali czujnika, wskaz „0”.
3. Pomiar detali wraz z zapisem odchyłek $[\pm\mu m]$. Liczność detali, $n \geq 30$ szt. – ilość duża.

X_i – wymiar pojedynczej odchyłki, Σ – suma z 5 szt.

Lp.	X_i	Lp.	X_i	Lp.	X_i	Lp.	X_i	Lp.	X_i	Lp.	X_i
1		6		11		16		21		26	
2		7		12		17		22		27	
3		8		13		18		23		28	
4		9		14		19		24		29	
5		10		15		20		25		30	
Σ		Σ		Σ		Σ		Σ		Σ	

4. Średnia arytmetyczna całej populacji zbadanej. Suma grup po 5 szt. podzielona przez n . Skupianie dużej liczby pomiarów w mniejsze grupy ułatwia zliczanie.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \dots\dots\dots$$

\bar{x} =średnia z całej próbki zbadanej. Rozstęp R , czyli różnica między odchyłką największą a najmniejszą. Wartości te zapisujemy ze znakiem +, -, jeżeli takie istnieją. Może być tak, że wartości max. i min. mają taki sam znak. Rozstęp R ma zawsze wartość dodatnią.

$$x_{max} = \dots\dots\dots x_{min} = \dots\dots\dots$$

$$R = x_{max} - x_{min} = \dots\dots\dots$$

$$R = \dots\dots\dots \mu\text{m}$$

5. Przedziały klasowe odchyłek, grupy wymiarowe, $\langle x_i; x_{i+1} \rangle$ (od ÷ do) należy tak dobrać, żeby ich liczba wynosiła, $a = \text{ok. } 10$.

Obliczam długość przedziału $\Delta x = R/a = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

Zaokrąglam Δx do równej wartości: $\Delta x = \dots\dots\dots \mu\text{m}$

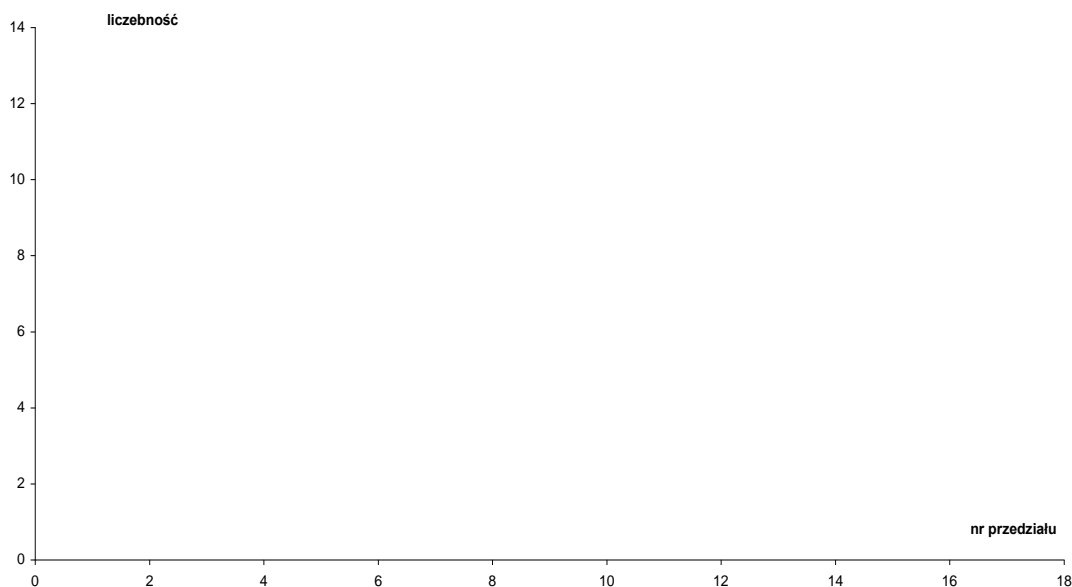
To ilość przedziałów $a = \frac{R}{\Delta x} = \dots\dots\dots$

6. Tabela do obliczeń wariancji i odchylenia średniego dla badanej próbki.

Nr przedziału	Granice klasy $\langle x_i; x_{i+1} \rangle$ [μm]	Liczność n_i [szt]	Środek przedziału \bar{x}_i [μm]	$\bar{x}_i - \bar{x}$	$(\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$(\bar{x}_i - \bar{x})^2 \cdot n_i$
5 1						
6 2						
3						
7 4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
						Σ

7. Histogram liczebności, (słupki).

W histogramie, na poszczególnych numerach (przedziałach) rysujemy „słupki” przedstawiające licznosc n_i w danym przedziale, z tabeli. Ukształtowanie histogramu obrazuje rzeczywisty rozkład wymiarów w badanej populacji.



Zaznacz na osi poziomej $\bar{x} = \dots\dots$

8. Wariancja. Dane z tabeli – Σ , suma z ostatniej rubryki.

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{x})^2 n_i = \dots\dots\dots$$

9. Odchylenie średnie od wartości średniej.

$$s = \sqrt{s^2} = \dots\dots\dots$$

10. Wartości graniczne dla próbki przy poziomie ufności $P = 0,9973$ wynoszą: dane z poprzednich wyliczeń.

$$x' = \bar{x} \pm 3s / \sqrt{n}$$

$$x'_{\max} = \dots\dots\dots$$

$$x'_{\min} = \dots\dots\dots$$

Wyliczone wartości zaokrąglamy do pełnych wymiarów [μm] i nanosimy na histogram.

11. Odrzucamy wyniki pomiarów niepewne, (niemieszczące się w obliczonych granicach).

Odrzucone wyniki niepewne to:

Część II. Obliczenia dla małej ilości pomiarów, tj. dla $n_m \leq 30$ metodą Studenta-Fishera. Dane uzyskane w punktach 1÷9 pozostają bez zmian, pozostałe z indeksem m .

12. Obliczamy granicę rozrzutu dla poziomu ufności $P = 0,95$

Z tabeli Studenta-Fiszera, dla $n = 30 \rightarrow t = \dots\dots\dots$, pozostałe dane z poprzednich wyliczeń:

$$x' = \bar{x}_m \pm ts_m / \sqrt{n}_m = \dots\dots\dots$$

$$x'_{m \max} = \dots\dots\dots$$

$$x'_{m \min} = \dots\dots\dots$$

Zapis ostateczny dla wersji II:

$$P(\bar{x} - t \cdot s / \sqrt{n} < \bar{x} < \bar{x} + t \cdot s / \sqrt{n}) = 0,95;$$

$$\dots\dots\dots < \bar{x}_n < \dots\dots\dots$$

13. Niezbędna ilość pomiarów n dla otrzymania oceny z założoną dokładnością (tolerancją):

Założona tolerancja wartości średniej 1) $\Delta\bar{x} = 5\mu m$ oraz 2) $\Delta\bar{x} = 10\mu m$ Dane z poprzednich

obliczeń: $n = \frac{t^2 \cdot s^2}{\Delta\bar{x}^2} = \dots\dots\dots$

1) dla $5\mu m$: $n = \frac{t^2 \cdot s^2}{\Delta\bar{x}^2} = \dots\dots\dots$

2) dla $10\mu m$: $n = \frac{t^2 \cdot s^2}{\Delta\bar{x}^2} = \dots\dots\dots$

Wnioski:

.....

.....

.....

.....

Rozkład Studenta-Fishera – wartości współczynnika t .

$n \backslash \alpha$	0,005	0,01	0,02	0,05
1	127,300	63,660	31,820	12,710
2	14,090	6,925	6,965	4,303
3	7,453	5,841	4,541	3,182
4	5,598	4,604	3,747	2,776
5	4,773	4,032	3,365	2,571
6	4,317	3,707	3,143	2,447
7	4,029	3,499	2,998	2,365
8	3,832	3,355	2,896	2,306
9	3,690	3,250	2,821	2,262
10	3,581	3,169	2,764	2,228
11	3,497	3,106	2,718	2,201
12	3,428	3,055	2,681	2,179
13	3,372	3,012	2,650	2,160
14	3,326	2,977	2,624	2,145
15	3,286	2,947	2,602	2,131
16	3,252	2,921	2,583	2,120
17	3,222	2,898	2,567	2,110
18	3,197	2,878	2,552	2,101
19	3,175	2,861	2,539	2,093
20	3,153	2,845	2,528	2,086
21	3,135	2,831	2,518	2,080
22	3,119	2,819	2,508	2,074
23	3,104	2,807	2,500	2,069
24	3,090	2,797	2,492	2,064
25	3,078	2,787	2,485	2,060
26	3,067	2,779	2,479	2,056
27	3,056	2,771	2,473	2,052
28	3,047	2,763	2,467	2,048
29	3,038	2,756	2,462	2,045
30	3,030	2,750	2,457	2,042
40	2,971	2,704	2,423	2,021
60	2,915	2,660	2,390	2,000
120	3,373	2,617	2,358	1,980

Gdzie n oznacza ilość pomiarów, a α poziom ufności ($P = 100 - \alpha$).

VIII. Wprowadzenie do Laboratorium nr 7

Sensory. Pomiary i badania nieniszczące

Cel laboratorium

Celem zajęć jest zapoznanie się z problematyką zasad działania i zastosowań sensorów (czujników, przetworników). W budowie maszyn służą głównie do przetwarzania wielkości geometrycznych, odmierzanych przy pomocy właściwego medium (nośnika), na wskaz cyfrowy, wskazówkowy, oscyloskopowy itp. Czynnikiem mierzącym (medium) może być układ: mechaniczny, optyczno-mechaniczny, interferencyjny, pneumatyczny, elektryczny, fotoelektryczny, magnetyczny, rentgenowski, izotopowy, ultradźwiękowy itp. Zaletą przetworników niemechanicznych jest znikome lub wręcz żadne, oddziaływanie na badany przedmiot. W tym względzie największe znaczenie mają cztery ostatnie z wymienionych nośników. Pod pojęciem „badania nieniszczące” należy rozumieć możliwość penetracji struktury przedmiotu celem określenia jej parametrów geometrycznych, w tym przede wszystkim wad materiałowych. Wady te mogą powstać w procesie produkcji wyrobu, jak i podczas jego eksploatacji (zużycie i zmęczenie).

Uwaga: Kurs nie upoważnia do wykonywania badań nieniszczących, a w szczególności do orzekania o jakości przedmiotów. Niezbędne do tego celu uprawnienia opisuje norma PN-EN 473:2002 Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne.

1. Aparatura ultradźwiękowa

W dziedzinie budowy maszyn, oprócz czujników mechanicznych, najszersze zastosowanie mają urządzenia ultradźwiękowe. Cechuje je to, że pomiary i badania przedmiotu odbywają się przez penetrację jego wnętrza falą ultradźwiękową o częstotliwości od 0,5 do 10 MHz. W stali najczęściej stosowane są głowice emitujące fale o częstotliwości 1 lub 2 MHz. Pozwala to na pomiary miejsc niewidocznych, np. wałków zabudowanych w korpusach przekładni, grubości ścianek zbiorników zamkniętych lub powłok malarskich, a także położenia otworów i wad wewnętrznych. Jednocześnie jest to metoda całkowicie bezpieczna, tak dla operatora sprzętu, jak i przedmiotu badanego oraz środowiska. Działanie aparatury polega na pomiarze czasu, jaki upłynął od chwili wysłania impulsu ultradźwiękowego do jego powrotu, po uprzednim odbiciu się od przeszkody. Przeszkodą jest jakakolwiek zmiana środowiska przewodzącego nadaną falę, np. stal-powietrze, stal-niemetal itd. Bariera stal-powietrze oznacza w praktyce nagłe przerwanie badanego przedmiotu stalowego, np. pęknięcie, wewnętrzny pęcherz powietrza (nieciągłości materiału) lub wycięty rowek, zatoczenie albo po prostu zakończenie, krawędź, dno (powierzchnie ograniczające).

Bariera stal-niemetal dotyczy głównie wtrąceń ciał obcych, np. żużła odlewniczego lub spawalniczego.

Oczywiście, że pęknięcia, pęcherze powietrza oraz zażużlenia stanowią element niepożądany we wszelkich wyrobach i dlatego są to wady struktury (defekty). Wykrywanie tych wad, uszkodzeń, nieprawidłowości i zmian charakteru struktury materiału nazywane jest badaniem przedmiotu.

Natomiast lokalizacja celowo wykonanych zatoczeń, uskoków, otworów itp. powierzchni ograniczających prześwietlaną strukturę (bariera stal-powietrze) jest procesem pomiarowym.

2. Defektoskop ultradźwiękowy

Jak sama nazwa wskazuje, jest to przyrząd do wykrywania defektów przedmiotów badanych metodą ultradźwiękową. Obraz na ekranie oscyloskopu, przy pewnej wprawie operatora, pozwala nie tylko wadę wykryć, ale również zidentyfikować jej kształt, wielkość i położenie. Umożliwia to dokładne określenie zgodności badanego przedmiotu na zasadzie „dobry – niedobry”, a nawet prognozować żywotność eksploatacyjną. Czynniki te determinują jego przydatność i to ze względu na tak istotne kryteria, jak: bezpieczeństwo, niezawodność i koszty. Ponieważ wady mogą wystąpić zarówno w produkcji, jak i w eksploatacji to badania ultradźwiękowe należy prowadzić cyklicznie przez cały okres użytkowania przedmiotu. Również w trakcie złomowania warto zbadać zużytą część maszynową w celu stwierdzenia stopnia degradacji jej struktury. Pozwoli to na przewidywanie bezpiecznego czasu eksploatacji części zamiennych, a także na ewentualne, ponowne wykorzystanie wyłomowanego materiału np. wałka na zasadzie „zrobić z dużego mały”, oczywiście, jeżeli stwierdzimy, że nie ma wad wewnętrznych.

2.1. Budowa aparatury. Parametry pomiarowe

Cały zespół, niezależnie od producenta i typu, składa się z następujących podstawowych elementów:

- aparat generujący i odbierający drgania elektryczne oraz przetwarzający je na obraz wyświetlany na ekranie oscyloskopu (aparat, generator, defektoskop właściwy),
- osłona przeciwsłoneczna,
- głowica nadawczo-odbiorcza lub nadawcza i odbiorcza,
- kabel łączący,
- wzorce kontrolne.

Do podstawowych parametrów defektoskopu należą:

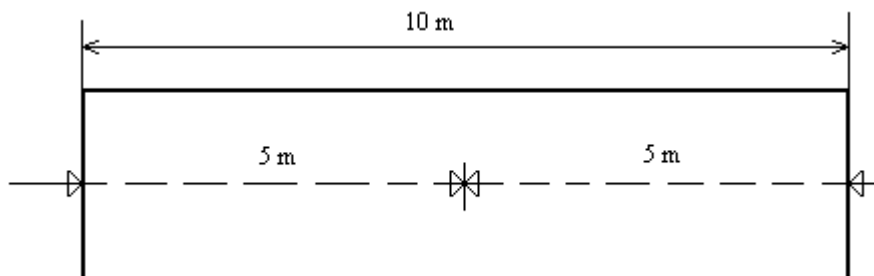
- zasięg,
- wzmocnienie,
- prędkości emitowanych fal,
- rodzaj emitowanych fal,
- częstotliwość,
- możliwość zapamiętania lub zapisu wskazów.

Zasięg, liczony w metrach, oznacza maksymalną długość badanego przedmiotu, możliwą do skutecznego prześwietlenia. Przez skuteczność należy rozumieć możliwość wykrycia nieciągłości o wielkości, jaka nas interesuje, a znajdujących się na końcu zasięgu. Jest to więc pojęcie nieostre. Pospolita miarą zasięgu skutecznego jest wielkość i wyrazistość impulsu echa dna na ekranie defektoskopu, przy maksymalnym wzmocnieniu.

Na zasięg skuteczny ma wpływ wiele różnych czynników, przede wszystkim związanych z materiałem badanym, jak:

- chropowatość powierzchni, im większa tym większe rozpraszanie fal i zasięg mniejszy,
- duże wymiary poprzeczne (średnica, przekrój), im większe, tym zasięg mniejszy,
- liczne zmiany kształtu powierzchni, im bardziej jest rozbudowana, tym zasięg mniejszy, np. prześwietlanie rdzenia śrub, nawet niezbyt długich jest praktycznie niemożliwe ze względu na rozpraszanie fali przez gwint,
- duże zróżnicowanie struktury, np. żeliwo ma znacznie mniejszy zasięg niż stal.

Z tych powodów do informacji o zasięgu defektoskopu należy podchodzić bardzo ostrożnie. Jednocześnie trzeba stwierdzić, że w niektórych przypadkach zasięg aparatu można mnożyć przez dwa. Jest to możliwe wtedy, gdy do badanego przedmiotu jest dostęp obustronny, np. wał o długości 10 m można prześwietlić zasięgiem 5-metrowym, raz 5 m z jednej i następnie 5 m z drugiej strony. Oczywiście wskazane jest, aby oba zasięgi, chociaż trochę „zazębiały się” (rys. 89).



Rys. 89. Badanie dwustronne walca o długości 10 m, zasięgiem 5 m

Defektoskopy mają zasięgi od 100 mm do 5, a rzadziej 10 m. Z powodów jak wyżej praca na długich zasięgach jest mało skuteczna, zwłaszcza w wykrywaniu małych wad.

Wzmocnienie, liczone w decybelach (dB), pozwala powiększać lub zmniejszać wysokość impulsów na ekranie oscyloskopu. Jednostka dB stosowana jest z tego względu, że ultradźwięki mają takie same parametry jak dźwięki słyszalne i wobec tego mierzy się je w taki sam sposób.

Powiększenie związane jest ze wzrostem energii wiązki fal ultradźwiękowych emitowanych do badanego przedmiotu. W związku z tym, powiększeniu, w stopniu proporcjonalnym, ulegają wszystkie zarejestrowane na ekranie impulsy. Pozwala to na najlepsze wykorzystanie jego powierzchni do oceny wielkości zarejestrowanych nieciągłości. W szczególności należy tak dobierać wzmocnienie, aby najwyższy impuls mieścił się w ekranie. Jest to najczęściej echo dna. Wyjście impulsu poza ekran uniemożliwia ocenę wielkości przeszkody, od której on pochodzi, a zbyt małe wzmocnienie może sprawić, że mniejsze nieciągłości (wady) będą niewidoczne. Najczęściej defektoskopy mają wzmocnienie od 0 do 100 dB.

Prędkość emitowanych fal dobiera się w zależności od badanego materiału. Jest to wartość mało precyzyjna. Z tego powodu nastawiamy ją orientacyjnie, dla wstępnej regulacji położenia impulsów na ekranie. Ostateczne skalowanie podstawy czasu (liczby od 1 do 10) dokonujemy na wzorcu kontrolnym, koniecznie przy pomocy głowicy, którą zamierzamy pracować. Defektoskopy mogą najczęściej emitować fale o prędkości od 1500 do 6500 m/s. Oznacza to, że można nimi penetrować wszystkie ogólnie stosowane materiały.

Rodzaj emitowanych fal ustalamy przełącznikiem w zależności od użytej głowicy. Wyróżniamy fale: podłużne L , poprzeczne T i powierzchniowe S . Oznaczenie to znajduje się w symbolu każdej głowicy. Rodzaj używanych fal zależy głównie od celów, jakie chcemy osiągnąć przy pomocy badań. Największe zastosowanie w dziedzinie budowy maszyn mają fale podłużne i poprzeczne oraz związane z tym głowice typu L i T . Głowice normalne, tj. wysyłające wiązkę fal prostopadle do badanej powierzchni, są najczęściej typu L , a głowice skośne typu T . Fale powierzchniowe S służą do wykrywania mikropęknięć powierzchni badanego przedmiotu.

Częstotliwość emitowanych fal zależy od użytej głowicy. Sam aparat generuje i odbiera częstotliwości od 0,5 do 20 MHz.

2.2. Aparat defektoskopowy

Wszystkie układy elektroniczne znajdują się w zwartej obudowie. Zasilanie może być bateryjne lub z sieci 230 V, a najlepiej, gdy jest kombinowane, tj. bateryjno-sieciowe. Zadaniem aparatu jest wytwarzanie, wysyłanie i odbiór drgań elektrycznych do i od głowicy. Sygnał odebrany jest następnie przetwarzany na obraz oscyloskopowy.

Głębsza analiza budowy aparatu jest dla użytkownika-mechanika zbędna, tym bardziej że postęp w elektronice powoduje ciągłe zmiany w tym względzie. Pierwszorzędne znaczenie ma znajomość płyty czołowej aparatu, na której znajduje się ekran i liczne pokrętła oraz przyciski (rys. 91). Służą one do sterowania procesem pomiarowo-badawczym, a ekran pozwala na obserwację i ocenę istniejących w przedmiocie nieciągłości.

2.2.1. Ekran. Interpretacja impulsów – ocena nieciągłości badanego materiału

Ekran, czyli lampa oscyloskopowa, podzielony jest na 5 części pionowych i 10 poziomych. Ułatwia to obliczanie parametrów wykrytych nieciągłości. Badania ultradźwiękowe w dużej mierze polegają na ciągłej obserwacji ekranu i analizie pojawiających się tam impulsów. Ekran dla badacza jest sednem całej procedury.

Kresy pionowe pozwalają określić odległość nieciągłości od czoła głowicy badawczej. Jest to tzw. podstawa czasu, ponieważ rzeczywistą miarą odległości w defektoskopii ultradźwiękowej jest czas potrzebny wysłanej fali na przebycie drogi od głowicy do przeszkody (nieciągłości) i z powrotem. Wykrycie nieciągłości sygnalizowane jest impulsem pionowym świecącym na ekranie. Jest to tzw. echo, czyli odbicie części lub całości fali ultradźwiękowej od przeszkody (nieciągłości). Na rys. 91 widać dwa impulsy w odległości 5,5 i 7 działek od początku ekranu. Jeżeli ekran jest tak wyskalowany, że cała jego długość oznacza np. 250 mm, to każda z dziesięciu działek daje wymiar po 25 mm na przedmiocie badanym. Tak więc, skala pozioma przedstawia w sposób umowny, zależny od przyjętej proporcji, dystans, jaki dzieli czoło głowicy od zasygnalizowanych impulsem nieciągłości. Omawiany przypadek ma miejsce na rys. 90. Jest na nim stożek o długości 175 mm z nacięciem w odległości 137 mm od czoła (wymiary rzeczywiste).



Rys. 90. Prześwietlanie ultradźwiękowe stożka gładkiego z nacięciem, wykonywane głowicą normalną

Na ekranie pierwszy, niższy, impuls znajduje się w odległości 5,5 działki, tj. $5,5 \times 25 \text{ mm} = 137 \text{ mm}$, a drugi, wyższy, tzw. echo dna, na 7 działce, tj. $7 \times 25 \text{ mm} = 175 \text{ mm}$. W ten sposób lokalizuje się odległość wykrytych nieciągłości (przeszkód dla fali), licząc od czoła głowicy, a zarazem czoła badanego wałka. Oczywiście, gdyby przedmiot prześwietlany miał długość 250 mm to echo dna, czyli ostatni impuls na ekranie znajdowałby się na ostatniej, dziesiątej działce skali.



Rys. 91. Defektoskop ultradźwiękowy. Tablica sterownicza z ekranem oscyloskopowym. Obraz prześwietlania przedmiotu z rys. 90

Kresy poziome pozwalają na szybkie oszacowanie wysokości impulsu, a to jest miarą wielkości pola przeszkody mierzonego prostopadle do kierunku biegu fali.

Uwaga: Powyższe stwierdzenie oznacza, że wada cienka, ułożona równolegle do wiązki fal, jest w defektoskopii ultradźwiękowej niewidzialna!, tzn., że na ekranie nie powstanie żaden impuls.

Na tej zasadzie budowane są np. niewidoczne dla radarów samoloty wojskowe, ponieważ reguła ta dotyczy wszystkich rodzajów fal. Oczywiście w defektoskopii ultradźwiękowej jest na to sposób. Można przyłożyć głowicę do powierzchni bocznej (tworzącej) i „objechać” nią cały obwód. Takie wzdłużne i poprzeczne zbadanie przedmiotu pozwala na wykrycie wszelkich wad. Dodatkowo można zastosować głowice skośne, np. według rys. 91., które emitują fale pod różnymi kątami.

Ocena wielkości wady na podstawie wysokości impulsu nie jest taka łatwa jak w przypadku określania jej odległości. Wynika to stąd, że wraz z odległością maleje energia fali, a z nią wysokość impulsu na ekranie. Porównywanie bezpośrednio wysokości impulsów położonych w różnych miejscach podstawy czasu jest obarczone ryzykiem popełnienia dużego błędu. Ale i na to jest sposób. Służą temu skale OWR i obliczenia, często wykonywane samodzielnie przez nowoczesne defektoskopy, zwłaszcza przeznaczone do prac specjalizowanych. Ogólnie jednak jest to procedura wymagająca specjalistycznego przeszkolenia, niemieszczącego się w programie studiów (kurs podstawowy na uprawnienia państwowe trwa 3 tygodnie, 120 godzin plus egzamin). W praktyce warsztatowej najlepszym sposobem na ocenę wielkości wady wykrytej wewnątrz przedmiotu jest odniesienie jej do znanych naturalnych przeszkód znajdujących się w pobliżu, na jego powierzchni, np. zatoczenie, otwór, kanałek itp. Wtedy bezpośrednio porównanie wysokości impulsów ma sens. W takiej sytuacji impulsy z ekranu można interpretować tak, że dwa razy większy oznacza przeszkodę również dwa razy większą od znanej. Klasycznym przykładem wzorcowej przeszkody jest dno przedmiotu badanego, czyli ściana przeciwległa do głowicy. Odbija ona wszystkie docierające do niej ultradźwięki, dając na ekranie impuls zamykający obraz przedmiotu badanego. Ponieważ pole powierzchni dna jest z reguły znane, to impuls jego echa na ekranie może być wzorcem odniesienia do oceny wielkości nieciągłości. Im mniejsza odległość porównywanych przeszkód, tym mniejszy jest błąd takiego porównywania. Aczkolwiek, gdy porównywane przeszkody są w tej samej odległości, tzn. w jednej linii, to metoda ta zawodzi, ponieważ na ekranie powstanie jeden impuls wypadkowy, czyli łączny od obu źródeł. Wtedy należy zastosować sposób, jak w przypadku wady płaskiej, czyli podjąć badania z pozycji prostopadłej lub też głowicą skośną.

Uwaga: Nieodłączną zasadą w badaniach ultradźwiękowych powinno być wykonanie ich minimum dwoma wyżej opisanymi sposobami.

Przy braku możliwości „podejścia” nieciągłości z dwóch różnych pozycji, np. wałek zabudowany w korpusie przekładni, należy badania wykonać tym samym sposobem, ale z dwóch stron. W przypadku wałka będą to oba jego końce, dla blachy obie strony, itd.

2.2.2. Osłona przeciwsłoneczna

Obraz na ekranie oscyloskopowym defektoskopu przy silnym nasłonecznieniu jest słabo widoczny. Szczególnie małe impulsy mogą ująć uwadze obserwatora. Stąd też w warunkach terenowych należy stosować osłonę ekranu w postaci prostokątnej tuby. Chroni ona również ekran przed deszczem, śniegiem, kurzem itp. Sam aparat jest z reguły odporny na standardowe warunki atmosferyczne.

2.2.3. Głowice do badań ultradźwiękowych. Sprzężenie z powierzchnią badaną

Głowica służy do przetwarzania impulsów elektrycznych pochodzących z aparatu na drgania wzbudzające fale ultradźwiękowe w badanym materiale. W zależności od techniki badań stosujemy głowice nadawczo-odbiorcze albo osobno nadawcze i odbiorcze. Pierwsze używamy w technice echa, a drugie w technice cienia. Najszersze zastosowanie ma technika echa i związane z nią głowice nadawczo-odbiorcze.

To od konstrukcji głowicy zależy częstotliwość, rodzaj i kierunek rozchodzenia się fal. Aby to się jednak stało, musi dojść do sprzężenia jej powierzchni emitującej z badanym materiałem. Do tego celu służą substancje przewodzące fale ultradźwiękowe, takie jak: smary, oleje, kleje, a nawet woda. Dobór zależy od badanego przedmiotu. Najczęściej jest to smar lub olej. Sposób nakładania smaru przedstawia rys. 90 i 93. Na warsztacie mechanicznym są to substancje najczęściej spotykane, a jednocześnie dobrze sprzęgające. Łatwiej rozprowadza się olej, ale na powierzchniach zakrzywionych, pochyłych, pionowych, a tym bardziej podsufitowo nie daje dobrego sprzężenia głowicy z powierzchnią badanego przedmiotu. W takich przypadkach niezastąpiony jest smar. Bywa, że badana powierzchnia nie może ulec zatłuszczeniu, np. jest przeznaczona do malowania. Wtedy należy użyć wody, a na powierzchniach pochyłych dobrze sprawdza się klej do tapet. Oczywiście w przypadku stali, powierzchnię badaną należy szybko osuszyć, aby nie uległa korozji. Parametry podstawowe najczęściej stosowanych głowic ultradźwiękowych są podane w ich symbolu, i tak:

- częstotliwość emitowanych fal, od 0,5 do 10 MHz to pierwsza liczba symbolu,

- rodzaj emitowanych fal; podłużne *L*, poprzeczne *T*, powierzchniowe *S*. Te litery występują tuż za oznaczeniem częstotliwości,
- kąt, pod jakim wysyłane są fale oznaczony jest: literą *N* – prostopadły, czyli normalny, do powierzchni badanej lub inaczej 0° kąt załamania, a gdy jest inny, to symbol zawiera jego wartość liczbową, bez oznaczenia stopień ($^\circ$),
- średnica lub szerokość głowicy – liczba milimetrów na końcu symbolu.

Przykłady symboli wg firmy UNIPAN:

2LN25 oznacza głowicę: częstotliwość 2 MHz, L – fale podłużne, N – kąt wprowadzania fal normalny czyli 0° , średnica głowicy 25 mm.

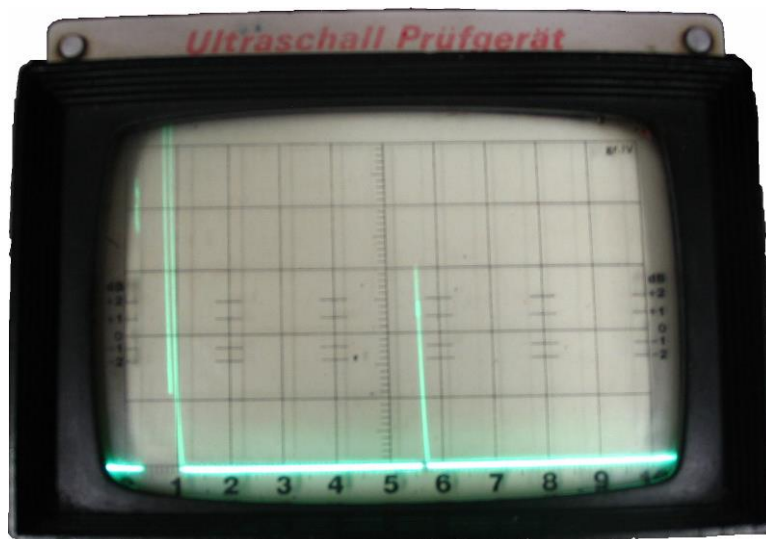
4T45A15 oznacza głowicę: częstotliwość 4 MHz, T – fale poprzeczne, 45 – kąt wprowadzania fal wynosi 45° , kształt prostokątny, 15 mm szerokość głowicy (rys. 92).

4S7 oznacza głowicę: częstotliwość 4 MHz, S – fale powierzchniowe, 7 mm szerokość głowicy.

Inni producenci mogą mieć różne oznaczenia.



Rys. 92. Głowica skośna 4T45A15 podczas prześwietlania wałka



Rys.93. Obraz oscyloskopowy prześwietlania głowicą skośną z rys. 92

Głowice są też zróżnicowane pod względem kształtu powierzchni roboczej. Chodzi tu głównie o dopasowanie do badanych obiektów. Najczęściej spotykane są głowice do badania rur, tj. o kształcie wyprofilowanym do ich krzywizny.

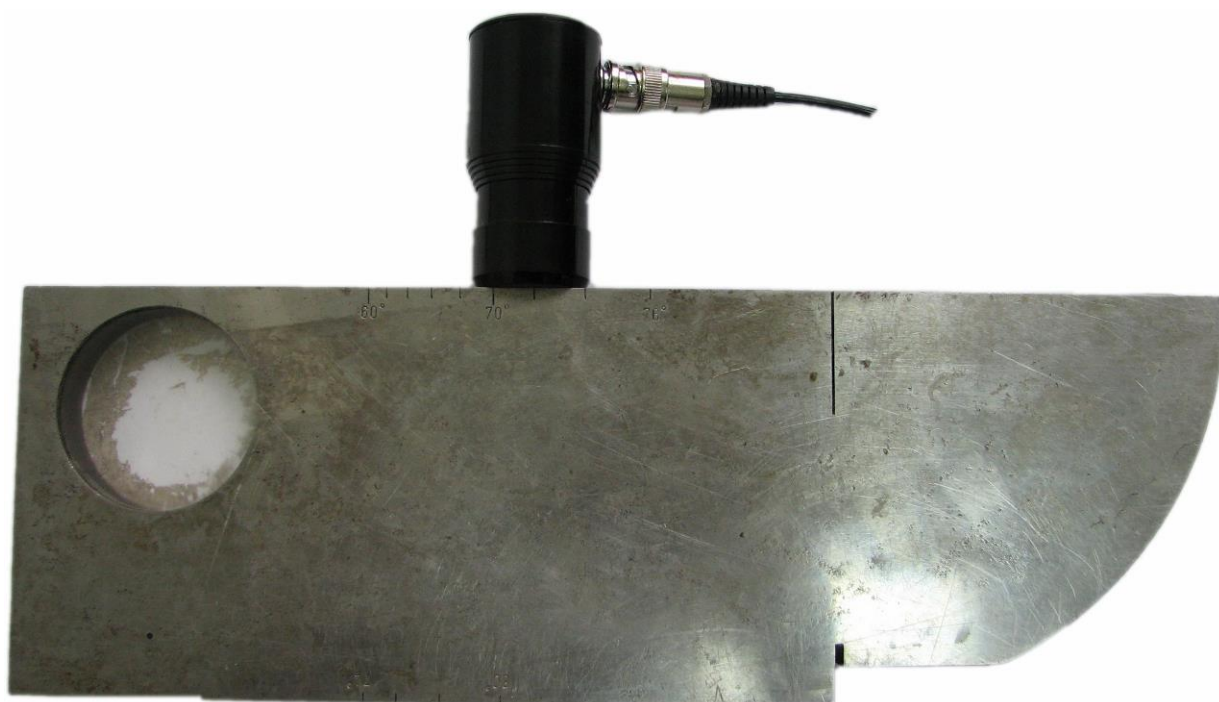
2.2.4. Kabel

Łączność aparatu z głowicą zapewnia kabel. Dla zapewnienia dobrego przewodnictwa jest on zakończony w obrotowe zaciski typu BNC (rys. 93). Silne dokręcenie zacisków jest podstawą dobrego odbioru sygnałów. Zaciski, zarówno w kablu, jak i w aparacie oraz w głowicy należy często przemywać benzyną ekstrakcyjną.

2.2.5. Wzorce kontrolne i porównawcze

W celu zapewnienia powtarzalności i porównywalności wyników badań wykonanych różnymi aparatami, głowicami, środkami sprzęgającymi i w różnorodnych okolicznościach stosuje się wzorce kontrolne i porównawcze. Służą one do skalowania zestawu defektoskopowego: aparat, kabel, głowica i środek sprzęgający oraz sprawdzania niektórych ich parametrów pomiarowych.

Powszechnie stosowany jest wzorzec kontrolny W1 wg normy PN-75/M-70051 Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorzec kontrolny W1 (rys. 92). Służy głównie do nastawiania czułości układu aparat-głowica, pomiaru ich rozdzielczości, a w głowicach skośnych do wyznaczania środka głowicy. Najczęściej jednak skaluje się na nim podstawę czasu aparatu do pracy na stali.

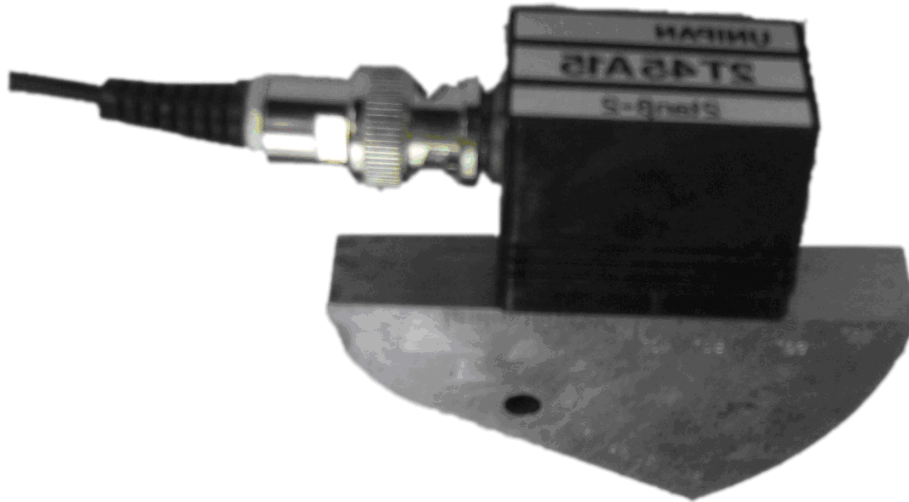


Rys. 94. Wzorzec kontrolny W1. Sprawdzenie głowicy normalnej



Rys. 95. Wzorzec kontrolny W1. Sprawdzenie głowicy skośnej

Worzec kontrolny W2 wg PN-75/M-70054 Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Worzec W2 służy podobnym celom, co wzorzec W1, z tym, że głównie jest przeznaczony do sprawdzania głowic skośnych.



Rys. 96. Worzec kontrolny W2

Wzorce mikrosekundowe wykonane wg PN-75/M-70056 Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorce mikrosekundowe (rys. 97) służą do pomiaru prędkości fal podłużnych i innych specjalistycznych.



Rys. 97. Wzorce mikrosekundowe

Wzorce porównawcze są to najczęściej modele badanych obiektów, np. spoina, wykonane w skali 1:1 bez jakichkolwiek wad, a następnie z wadami dopuszczalnymi. Pozwala to na wyskalowanie aparatury w sposób umożliwiający szybką ocenę zaistniałych na ekranie impulsów. Kluczowe znaczenie mają jednak wzorcowe gatunki materiałów. Ze względu na duże zróżnicowanie prędkości propagacji fal, najlepiej wzorzec wykonać dokładnie z tego samego materiału co przedmiot badany, np. z kawałka odpadowego. Można też wykonać skalowanie bezpośrednio na badanym przedmiocie, jeżeli jest możliwość zmierzenia długości odcinka wzorcowego metodami klasycznymi (przymiar, suwmiarka itp.). Ten sposób zapewnia najwłaściwsze wyskalowanie defektoskopu, zwłaszcza w warunkach terenowych i w sytuacji braku wiarygodnych informacji o materiale badanym.

2.3. Przedmiot badany

Skuteczność prześwietlenia ultradźwiękowego zależy w dużym stopniu od przygotowania obiektu do badań. Powierzchnie badane powinny być czyste. Szczególnie szkodliwe są grube, słabo przywarte do podłoża powłoki malarskie, zendra i korozja. Również zbiecia, zadziory i głębokie wżery utrudniają badania. Duża chropowatość powierzchni bocznych przedmiotu rozprasza energię fali ultradźwiękowej, co skraca zasięg skuteczny prześwietlania. W metodzie echa ważne jest, aby powierzchnie nadawania impulsu i jego odbicia były do siebie równoległe. W przeciwnym przypadku fala odbita nie trafi do nadajnika (głowicy nadawczej) lub dotrze do niej tylko częściowo.

2.4. Operator defektoskopu

Osoba wykonująca pomiary i badania ultradźwiękowe musi mieć stosowne kwalifikacje potwierdzone certyfikatem wydanym przez jednostkę uprawnioną, tj. spełniającą wymagania normy PN-EN 45013 Ogólne kryteria dotyczące jednostek certyfikujących personel. W przypadku badań specjalistycznych, np. urządzeń poddodorowych, lotniczych, górniczych, okrętowych, kolejowych itp. wymagane są często dodatkowe uprawnienia branżowe. Więcej informacji na ten temat znajduje się we „Wstępie”, na str. 4.

Uwaga: Niniejszy kurs nie upoważnia do wykonywania badań nieniszczących, a w szczególności do orzekania o jakości przedmiotów. Niezbędne do tego celu uprawnienia opisuje norma PN-EN 473:2002 Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne.

2.5. Najczęściej popełniane błędy w defektoskopii ultradźwiękowej

Najsłabszym ogniwem w badaniach ultradźwiękowych jest człowiek obsługujący aparaturę defektoskopu. Błędy mogą powstawać na etapie planowania badań, jak:

- rozpoznanie obiektu badanego,
- dobór zakresu pomiarowego i wzmocnienia sygnału,
- wybór głowicy, a tym samym częstotliwości i kąta wejścia fal,
- skalowanie podstawy czasu,
- przygotowanie obiektu badanego.

Również sam proces badania stwarza pewne zagrożenia. Problem tkwi w tym, że operator musi jednocześnie poruszać, w sposób usystematyzowany, głowicą po badanej powierzchni, a jednocześnie obserwować ekran defektoskopu. Stwarza to możliwość „przegapienia” wady.

Błędy te rzutują bezpośrednio na wynik badań. Poważnym problemem tej metody jest brak możliwości wzrokowej oceny wykrytych wad wewnętrznych. Wynika to z natury metody. Tak więc możemy, na skutek w/w błędów, nieciągłość materiału (wadę) wyolbrzymić, nie docenić, jak i zupełnie pominąć. Problem może też stanowić właściwe rozpoznanie przedmiotu przeznaczonego do badań. Ma to szczególne znaczenie w badaniu obiektów zabudowanych, np. w korpusie przekładni, silnika itp., czyli często spotykanych w dziedzinie budowy maszyn.

Mogą tu powstać błędy spowodowane:

- złym rozpoznaniem gatunku badanego materiału, tzn. skalowanie aparatury odbyło się na innym materiale niż ten badany,
- brakiem informacji o nieciągłościach naturalnych, ale niewidocznych, jak zatoczenia, kanałki itp.
- kształtem obiektu, w szczególności uskoki, obojętnie nad czy pod powierzchnię, zasłaniają znajdujące się za nimi nieciągłości, a podtoczenia, podcięcia, gwinty, karby cieplne itp. dają na ekranie mylny obraz wady
- stanem powierzchni badanej, w szczególności chodzi o czynniki pogarszające sprzężenie głowicy z obiektem, jak: farba, korozja, zbita oraz kształt utrudniający dobre jej doleganie (wklęsłość, wypukłość, elementy wystające),
- rodzajem powierzchni odbijającej fale (echo dna), właściwie każde odstępstwo od płaskości może być powodem błędnego odczytu wskazań na ekranie. Szczególnie dotyczy to wypukłości, wklęsłości i ukosów,

- wpływem innych części maszyn na obiekt badany, a zwłaszcza elementy przyspawane oraz mocno włączane absorbują i odbijają fale ultradźwiękowe, dając trudny do właściwej interpretacji obraz na ekranie. Również nagromadzenie się na obiekcie dobrze dolegającego smaru daje impuls na ekranie defektoskopu,
- zużyciem eksploatacyjnym całości lub części obiektu badanego, takim jak wytarcia i rysy, które mogą zostać zinterpretowane jako pęknięcia.

Bardzo poważnym błędem prawnym jest brak odpowiednich kwalifikacji oraz uprawnień przez osobę lub firmę wykonującą badania ultradźwiękowe.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 7

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie Katedra Mechaniki i Budowy Maszyn	Imię i nazwisko studenta		
	Imię i nazwisko prowadzącego		
	Wydział		Grupa
	Rok studiów	Semestr	Rok akademicki
	Ocena	Podpis	Uwagi
Metrologia warsztatowa – laboratorium pomiarowe			

Temat: Badania ultradźwiękowe

Obsługa aparatury ultradźwiękowej

Ćwiczenie odbyło się dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
---------------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

1. Przygotowanie obiektu i aparatury do badań ultradźwiękowych.
2. Zaplanowanie rodzaju badań.
3. Przeprowadzenie pomiarów i badań.
4. Dokumentowanie wyników badań.
5. Umiejętność posługiwania się normami.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe

1. Ruch falowy.
2. Rodzaje fal ultradźwiękowych.
3. Pochłanianie, rozpraszanie i odbijanie fal ultradźwiękowych.
4. Budowa defektoskopu.
5. Rodzaje głowic ultradźwiękowych.

Zadania dodatkowe

1. Prędkość rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w niektórych metalach.
2. Wady odlewnicze.
3. Wady eksploatacyjne.

III. Literatura

Normy aktualne

1. PN-EN 473 Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne.
2. PN-EN 1712 Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania ultradźwiękowe złączy spawanych. Poziomy akceptacji.
3. PN-EN 10160 Badania ultradźwiękowe wyrobów stalowych płaskich grubości równej lub większej niż 6 mm (metoda echa).
4. PN-EN 10228-3 Badania nieniszczące odkuwek stalowych. Badania ultradźwiękowe odkuwek ze stali ferrytycznych lub martenzytycznych.
5. PN-EN 12062 Spawalnictwo. Badania nieniszczące złączy spawanych. Zasady ogólne dotyczące metali.
6. PN-EN 25817 Złącza stalowe spawane łukowo. Wytyczne do określania poziomów jakości według niezgodności spawalniczych.
7. PN-EN 26520 Klasyfikacja niezgodności spawalniczych w złączach spawanych metali wraz z objaśnieniami.
8. PN-87/M-69008 „Spawalnictwo. Klasyfikacja konstrukcji spawanych.

Normy wycofane:

1. PN-00/M-70008 Badania nieniszczące. Ogólne nazwy i określenia.
2. PN-00/M 70050 Badania nieniszczące. Metody ultradźwiękowe. Nazwy i określenia.
3. PN-00/M-70051 Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorzec kontrolny W1.
4. PN-00/M-70054 Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorzec kontrolny W2.
5. PN-00/M-70056 Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorce mikrosekundowe.

Uwaga: W/w normy do czasu opublikowania nowych można stosować w badaniach wykonywanych na rzecz krajowych jednostek gospodarczych.

IV. Przyrządy pomiarowo-badawcze

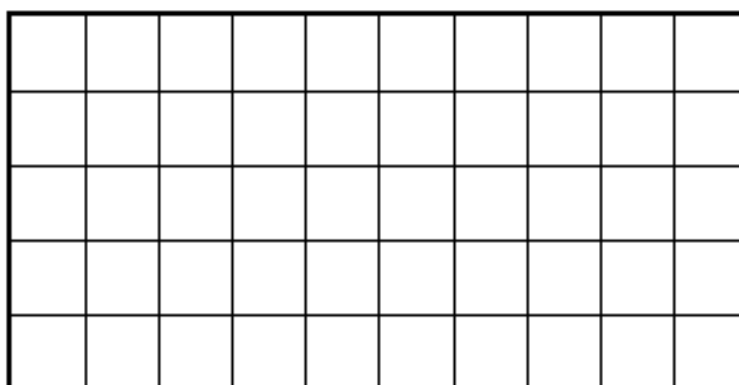
Defektoskop ultradźwiękowy:

- zakres pomiarowy.....
- prędkość generowanych fal.....
- wzmacnienie.....

V. Skalowanie

Defektoskop ultradźwiękowy.

- dobór metody badania i rodzaju głowic:.....
przygotowanie aparatury:.....
- skalowanie defektoskopu z głowicą normalną:
rodzaj wzorca, wymiary:.....
zakres pomiarowy defektoskopu.....
Przełożenie skali oscyloskopu: 1 działka = mm.....
wzmocnienie.....



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Obraz oscyloskopowy dla głowicy normalnej podczas skalowania.

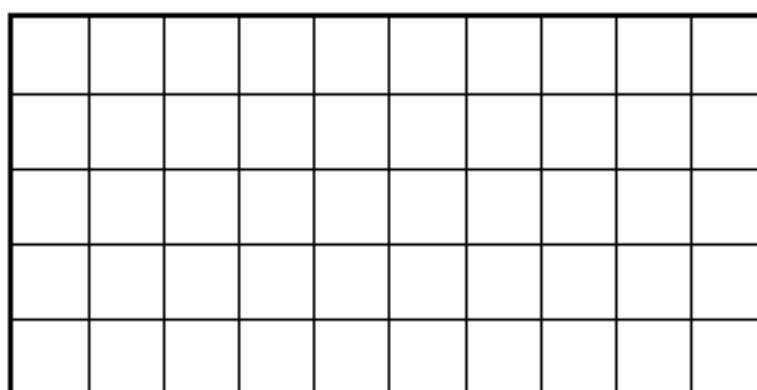
Wnioski:.....

.....
.....
.....
.....

VI. Szkic przedmiotu badanego z wymiarami nominalnymi

VII. Pomiary i badania wałka stalowego

Obraz oscyloskopowy obiektu badanego głowicą normalną – strona I.



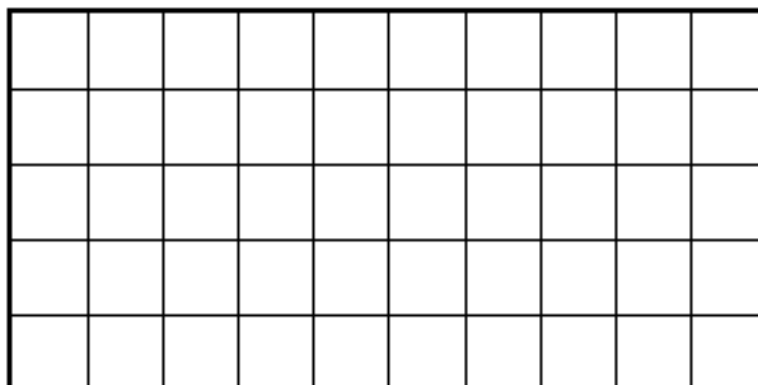
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

- wyniki badań:.....
- wnioski z prześwietlania strony I:.....

.....

.....

Obraz oscyloskopowy obiektu badanego głowicą normalną – strona II.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

– wyniki badań

– wnioski z prześwietlenia strony II:.....

.....

– wnioski dotyczące badań ultradźwiękowych:

.....

.....

.....

Spis rysunków i tabel

Rys. 1. Suwmiarka zużyta i uszkodzona:.....	14
Rys. 2. Suwmiarka prawidłowa o dokładności wskazań 0,05 mm, moduł = 2.....	15
Rys. 3 Sprawdzenie wskazań zerowych głębokościomierza suwmiarki.....	15
Rys. 4. Sprawdzenie poprawności wskazań szczęk płaskokrawędziowych płytkami wzorcowymi	16
Rys. 5. Sprawdzenie poprawności wskazań szczęk krawędziowych płytkami wzorcowymi w uchwycie.....	17
Rys. 6. Sprawdzenie poprawności wskazań głębokościomierza suwmiarki za pomocą płytek wzorcowych.....	17
Rys. 7. Sprawdzenie poprawności wskazań szczęk płaskokrawędziowych suwmiarki średnicówką mikrometryczną.....	17
Rys. 8. Sprawdzenie poprawności wskazań szczęk krawędziowych mikrometrem.....	18
Rys.9.Sprawdzenie głębokościomierza suwmiarkowego głębokościomierzem mikrometrycznym.....	18
Rys. 10. Błąd zukosowania poprzecznego.....	18
Rys. 11. a), b) Pomiar cięciwy walca. Błąd pomiaru.....	19
Rys. 12. Prawidłowy pomiar wałka o małej średnicy:.....	19
Rys. 13. Zukosowanie poprzeczne.....	20
Rys. 14. Zukosowanie wzdłużne.....	20
Rys. 15. Nadmierny nacisk na głębokościomierz.....	20
Rys.16. Poprawny pomiar głębokościomierzem suwmiarkowym. Właściwe położenie wybrania głębokościomierza.....	21
Rys. 17. Pomiar szerokości rowka – zukosowanie wzdłużne.....	21
Rys. 18. Pomiar szerokości rowka – zukosowanie poprzeczne.....	21
Rys. 19. Prawidłowy pomiar szerokości rowka.....	22
Rys. 20. Sprawdzenie poprawności wskazań mikrometru na wzorcu MMZm.	23
Rys. 21. Zukosowanie mikrometru na wałku. Wymiar $\phi 40,87 \text{ mm } (\phi 40^{+0,87})$	24
Rys. 22. Pomiar cięciwy. Wymiar $\phi 39,78 \text{ mm } (\phi 40^{-0,22})$	24
Rys. 23. Prawidłowe wskaźy na bębnie mikrometra.....	25
Rys. 24. Właściwe ustawienie mikrometru względem mierzonego wałka.....	26
Rys. 25. Sprawdzenie płytki wzornika gwintu na sprawdzianie do gwintu. Pełne doleganie krawędzi.....	27
Rys. 26. Pomiar podziałki gwintu suwmiarką.....	28

Rys. 27. Pomiar średnicy zewnętrznej gwintu.....	29
Rys. 28. a), b) Pomiar średnicy rdzenia gwintu.....	29
Rys. 29. Rodzaje gwintów: a) gwint lewy, b) gwint prawy.....	29
Rys. 30. Nadmierny promień wzornika łuku.....	30
Rys. 31. Zbyt mały promień wzornika łuku.....	30
Rys. 32. Właściwie dobrany promień wzornika łuku: wewnętrzny i zewnętrzny.....	31
Rys. 33. Badanie powierzchni płaskowalcowanych suwmiarki	39
Rys. 34. Pomiar suwmiarką otworu $\Phi 31,5$ mm. – wskaz 21,5 mm.....	40
Rys. 35. Pomiar suwmiarką otworu stożkowego.....	41
Rys.36. Sprawdzanie poprawności wskazań średnicówki. Wymiar 75,00 mm.....	42
Rys. 37. Sprawdzanie średnicówki z przedłużaczem 25 mm.....	43
Rys. 38. Zukosowanie średnicówki w otworze – wymiar $\phi 86$ mm ($75,00 + 11,00$).....	44
Rys. 39. Pomiar cięciwy zamiast średnicy (błąd) – wymiar $\phi 78,48$ ($\phi 75 + 3,48$).....	44
Rys. 40. Pomiar poprawny średnicy średnicówką mikrometryczną.....	45
Rys. 41. Sprawdzanie wskazań 5,00 mm mikrometru wewnętrznego.....	47
Rys. 42. Pomiar prawidłowy. Wymiar 30,89 ($30^{+0,89}$).....	47
Rys. 43. Skalowanie średnicówki czujnikowej w otworze wzorcowym.....	49
Rys. 44. Skalowanie średnicówki czujnikowej na płytkach wzorcowych w uchwycie.....	50
Rys. 45. Skalowanie średnicówki czujnikowej na mikrometrze	50
Rys. 46. Pomiar podziałki gwintu wewnętrznego wzornikiem.....	51
Rys. 47. Sprawdzanie równoległości powierzchni pomiarowych liniału.	59
Rys. 48. Pomiar kąta 45° zakończenia liniału, wykonany płytką wzorcową i liniałem powierzchniowym.....	59
Rys. 49. Sprawdzanie kąta 90° na kątowniku walcowym i płycie pomiarowej.....	60
Rys. 50. Sprawdzanie kąta 180° (0°) na liniale.....	60
Rys. 51. Zukosowanie liniału kątomierza na stożku.....	61
Rys. 52. Tarcza kątomierza. Wskaz $55'$ (minut kątowych).....	62
Rys. 53. Pomiar odchyłki od prostoliniowości.....	63
Rys. 54. Prawidłowy pomiar kąta stożka.....	63
Rys.55. Kątowniki 90° stalowe.....	64
Rys. 55. Sprawdzanie kąta wewnętrznego kątownika krawędziowego.....	65
Rys. 56. Sprawdzanie kąta zewnętrznego kątownika krawędziowego na płycie pomiarowej.....	66
Rys. 57. Sprawdzanie kątowników przez porównanie wzajemne.....	66

Rys. 58. Sprawdzenie kątownika płytką kątową wzorcową.....	67
Rys. 59. Pomiar kąta prostego zewnętrznego, odchyłki badanego przedmiotu p	68
Rys. 60. Pomiar kąta prostego wewnętrznego, odchyłki badanego przedmiotu p	68
Rys. 61. Pomiar kąta wewnętrznego z promieniem – błędny	69
Rys. 62. Zukosowanie kątownika na walcu – pomiar błędny.....	69
Rys. 63. Prawidłowy pomiar kąta prostego kątownikiem.....	70
Rys. 64. Pomiar odchyłki od prostokątności.....	71
Rys. 65. Odwzorowanie kąta płytkami (45° i 55°). Sprawdzenie kątomierza.	73
Rys.66. weryfikacja kąta α przedmiotu p za pomocą płytki kątowej pk i kątownika.....	74
Rys.67. Składanie płytek kątowych:.....	74
Rys. 68. Pomiar chropowatości wałka wzorcami WG-6 – toczenie.....	83
Rys. 69. Pomiar chropowatości otworu – wytaczanie.....	84
Rys. 70. Pomiar chropowatości powierzchni frezowanej czołowo.....	84
Rys. 71. Pomiar chropowatości powierzchni szlifowanych.....	84
Rys. 72. Mikroskop Schmaltza.....	85
Rys. 73. Sprawdzenie liniału drugim liniałem.....	86
Rys. 74. Pomiar walcowości wałka – szczelina świetlna – siodłowość.....	87
Rys. 75. Pomiar walcowości wałka – szczelina świetlna – falistość.....	87
Rys. 76. Szczelina wzorcowa.....	87
Rys. 77. Pomiar płytek szczelinomierza. Wymiar 0,40 mm.....	93
Rys. 78. Pomiar luzu łożyska opartego na pierścieniu zewnętrznym. Baryłkowe dwurzędowe.....	95
Rys. 79. Pomiar luzu łożyska zawieszzonego na czopie.....	95
Rys. 80. Ocena błędów wskazań czujnika – pomiar płytki wzorcowej.....	97
Rys. 81. Graniczne dopuszczalne odchylenia osi czujnika od osi łożyska (15°).....	98
3.1.1. Rys. 82. Pomiar luzu łożyska kulkowego czujnikiem zegarowym magnesem.....99	
Rys. 83. Prawidłowy pomiar luzu łożyska kulkowego.	100
Rys. 84. Pomiar luzu w łożysku ślizgowym pakietem szczelinomierzy:.....	101
Rys. 85. Tarcza z kołkami.....	108
Rys. 84. Sprawdzenie transametru płytkami wzorcowymi $7+6 = 13,000$ [mm].....	115
Rys. 85. Pomiar kulki transametrem. Wymiar odchyłki – 0,006 mm.....	117
Rys. 86. Składanie płytek wzorcowych przez nasuwanie.....	119

Rys. 89. Badanie dwustronne walca o długości 10 m, zasięgiem 5 m.....	130
Rys. 90. Prześwietlanie ultradźwiękowe stożka gładkiego z nacięciem, wykonywane głowicą normalną.....	132
Rys. 91. Defektoskop ultradźwiękowy. Tablica sterownicza z ekranem oscyloskopowym.....	132
Rys. 92. Głowica skośna 4T45A15 podczas prześwietlania wałka.....	135
Rys.93. Obraz oscyloskopowy prześwietlania głowicą skośną z rys. 92.....	136
Rys. 94. Wzorzec kontrolny W1. Sprawdzanie głowicy normalnej.....	137
Rys. 95. Wzorzec kontrolny W1. Sprawdzanie głowicy skośnej.....	137
Rys. 96. Wzorzec kontrolny W2.....	138
Rys. 97. Wzorce mikrosekundowe.....	138
Tab.1. Rozkład Studenta-Fishera – wartości współczynnika t.....	126

Spis norm

1. Norma PN-90/N-01051 Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. Terminologia.
2. Norma PN-93/M-01123 Rysunek techniczny maszynowy. Tolerancja kształtu i położenia. Zasada maksimum materiału.
3. Norma PN-74/M-01135 Rysunek techniczny maszynowy. Uproszczenia rysunkowe. Łożyska toczne.
4. Norma PN-93/M-01149 Rysunek techniczny maszynowy. Wymiarowanie i tolerowanie stożków.
5. Norma PN-85/M-02001 Gwinty. Terminologia.
6. Norma PN-71/N-02050 Metrologia. Nazwy i określenia.
7. Norma PN-82/M-02121 Stożki i złącza stożkowe. Terminologia.
8. Norma PN-83/M-02122 Stożki i złącza stożkowe. Układ tolerancji stożków.
9. Norma PN-77/M-02136 Układ tolerancji kątów.
10. Norma PN-78/M-02137 Tolerancje kształtu i położenia. Nazwy i określenia.
11. Norma PN-80/M-02138 Tolerancje kształtu i położenia. Wartości.
12. Norma PN-91/M-02168/01 Tolerancje ogólne. Tolerancje wymiarów liniowych i kątowych bez tolerancji indywidualnych.
13. Norma PN-87/M-04250 Warstwa wierzchnia. Terminologia.

14. Norma PN-87/M-04251 Struktura geometryczna powierzchni. Chropowatość powierzchni. Wartości liczbowe parametrów.
15. Norma PN-85/M-04254 Struktura geometryczna powierzchni obrabianych. Porównawcze wzorce chropowatości powierzchni obrabianych.
16. Norma PN-74/M-04255 Struktura geometryczna powierzchni. Falistość powierzchni. Określenia podstawowe i parametry.
17. Norma PN-89/M-04256/04 Struktura geometryczna powierzchni. Falistość powierzchni. Terminologia.
18. Norma PN-79/M-53088 Narzędzia pomiarowe. Wałeczki pomiarowe do gwintów.
19. Norma PN-74/M-53103 Narzędzia pomiarowe. Przybory do płytek wzorcowych.
20. Norma PN-81/M-53108 Narzędzia pomiarowe. Płytki kątowe.
21. Norma PN-80/M-53130 Narzędzia suwmiarkowe. Przyrządy suwmiarkowe. Wymagania.
22. Norma PN-79/M-53131 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy suwmiarkowe.
23. Norma PN-86/M-53160 Narzędzia pomiarowe. Kątowniki 90° stalowe”.
24. Norma PN-74/M-53180 Narzędzia pomiarowe. Liniały krawędziowe i powierzchniowe.
25. Norma PN-82/M-53200 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne. Wymagania.
26. Norma PN-88/M-53201 Narzędzia pomiarowe. Wzorce nastawcze do mikrometrów zewnętrznych.
27. Norma PN-80/M-53202 Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne.
28. Norma PN-73/M-53214 Narzędzia pomiarowe. Mikrometry zewnętrzne do gwintów.
29. Norma PN-73/M-53216 Narzędzia pomiarowe. Końcówki pomiarowe wymienne do średnic podziałowych gwintów.
30. Norma PN-76/M-53245 Narzędzia pomiarowe. Średnicówki mikrometryczne.
31. Norma PN-65/M-53247 Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe jednostronne.
32. Norma PN-64/M-53248 Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe dwustronne”.
33. Norma PN-68/M-53260 Warsztatowe środki pomiarowe. Czujniki zębate zegarowe.
34. Norma PN-61/M-53261 „Warsztatowe środki miernicze. Podstawka do czujników zwykła z chwytem ϕ 4 i 8 mm.
35. Norma PN-64/M-53265 Warsztatowe środki miernicze. Średnicówki z czujnikiem zegarowym.
36. Norma PN-79/M-53354 Narzędzia pomiarowe. Liniały sinusowe.

37. Norma PN-82/M-53358 Narzędzia pomiarowe. Kątomierze uniwersalne.
38. Norma PN-75/M-53390 Narzędzia pomiarowe. Szczelinomierze.
39. Norma PN-88/M-53395 Narzędzia pomiarowe. Wzorce zarysu gwintu metrycznego.
40. Norma PN-87/M-53396 Narzędzia pomiarowe. Wzorce łuków kołowych.
41. Norma PN-74/M-54602 Płytki interferencyjne płaskie.
42. Norma PN-80/M-86402 Łożyska toczne. Klasyfikacja.
43. Norma PN-86/M-86404 Łożyska toczne. Główne wymiary.
44. Norma PN-89/M-86406 Łożyska toczne. Wymagania.
45. Norma PN-89/M-86410 Łożyska toczne. Badania.
46. Norma PN-80/M-87101 Łożyska ślizgowe. Tuleje. Wymiary.
47. Norma PN-ISO 129 Rysunek techniczny. Wymiarowanie. Zasady ogólne. Definicje. Metody wykonania i oznaczenia specjalne.
48. Norma PN-ISO 724 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Wymiary nominalne.
49. Norma PN-ISO 965-1 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje.
Część 1: Zasady i dane podstawowe.
50. Norma PN-ISO 965-2 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje.
Część 2: Wymiary graniczne gwintów zewnętrznych i wewnętrznych ogólnego przeznaczenia. Klasa średnio dokładna.
51. Norma PN-ISO 965-3 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje.
Część 3: odchyłki gwintów maszynowych.
52. Norma PN-ISO 3547 Łożyska ślizgowe. Tuleje zwijane. Wymiary, tolerancje i metody badań.
53. Norma PN-ISO 3548 Łożyska ślizgowe. Półpanwie cienkościenne kołnierzowe lub proste.
Tolerancje, szczegóły konstrukcyjne i metody badań.
54. Norma PN-ISO 5753 Łożyska toczne. Luzy promieniowe.
55. Norma PN-ISO 8512-1 Płyty pomiarowe. Płyty żeliwne.
56. Norma PN-EN ISO 1119 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Szeregi kątów i zbieżności powierzchni.
57. Norma PN-EN ISO 1302 Rysunek techniczny. Oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni.
58. Norma PN-EN ISO 3650 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Wzorce długości. Płytki wzorcowe.

59. Norma PN-EN ISO 4287 Specyfikacja geometrii wyrobów. Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa. Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni.
60. Norma PN-EN ISO 6411 Rysunek techniczny. Przedstawianie uproszczone nakiełków wewnętrznych.
61. Norma PN-EN ISO 7083 Rysunek techniczny maszynowy. Symbole tolerancji geometrycznych. Proporcje i wymiary.
62. Norma PN-EN 493 Badania nieniszczące. Kwalifikacje i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne.
63. Norma PN-EN 13018:2004 Badania nieniszczące. Badania wizualne. Zasady ogólne.
64. Norma PN-EN 20286-2 Układ tolerancji i pasowań ISO. Tablice klas tolerancji normalnych oraz odchyłek granicznych otworów i wałków.
65. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 23/95.
66. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 25/95.
67. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 30/95.
68. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 6/96.
69. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 7/96.
70. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 11/96.
71. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 12/96.
72. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 17/96.
73. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 27/96.
74. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 1/97.
75. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 5/97.
76. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 4/99.
77. Dziennik Ustaw nr 243, poz. 2441 z 2004 roku.