

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie

Mirosław Falkowski

Zeszyt nr 2 do ćwiczeń laboratoryjnych z metrologii warsztatowej
Wydanie drugie

Opracowanie własne na podstawie
Polskich Norm i Dzienników Urzędowych Miar i Probiernictwa

Grafika komputerowa:

Maciej Falkowski

Małgorzata Konik

Konin 2013

Przedmowa

Zeszyt ten jest przeznaczony dla studentów mechaniki i budowy maszyn – do ćwiczeń laboratoryjnych z metrologii warsztatowej na drugim semestrze. Stanowi kontynuację zajęć z pierwszego semestru. W szczególności dokończone będą pomiary typowych części maszyn, jak: wałki, tuleje (otwory), stożki, gwinty, pomiary pośrednie, badania i pomiary w spawalnictwie (wizualne, ultradźwiękowe) oraz zamienność części.

Każde laboratorium opracowane jest w dwóch częściach. Pierwsza opisuje używane narzędzia pomiarowe, ze szczególnym naciskiem na ich sprawdzanie i zastosowanie. Część druga to sprawozdanie z ćwiczenia, czyli zadania do wykonania podane w standardowej kolejności praktykowanej w warsztacie. Zakres tematów laboratoryjnych jest zgodny z programem wykładów z metrologii, obróbki skrawaniem, spawalnictwa, technologii, eksploatacji i diagnostyki maszyn oraz rysunku technicznego.

Zapoznanie się studenta z częścią opisową pozwoli na sprawne zrealizowanie kolejnych punktów sprawozdania. Zaliczenie wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych umożliwi poznanie podstawowych narzędzi i technik pomiarowych, a także specyfiki typowych części maszyn. Każde ćwiczenie związane jest jednocześnie z określoną częścią maszynową oraz zestawem narzędzi i techniką pomiarową, a także normami technicznymi opisującymi te zagadnienia. Niektóre detale przeznaczone do pomiarów pochodzą z wcześniejszej eksploatacji. Pozwoli to zapoznać się z normalnymi formami zużycia i uszkodzeniami, co ma pierwszorzędne znaczenie w gospodarce remontowej.

Metrologia bazuje na dokładności, systematyczności oraz obiektywnych osądach. Jednocześnie laboratoria uczą pracy zespołowej, odczytywania treści i sensu poleceń technicznych oraz wnioskowania i prezentacji swojej pracy.

Mirosław Falkowski

Regulamin ćwiczeń laboratoryjnych z metrologii warsztatowej

1. Na wstępie studenci dzielą się na grupy dwu- lub trzyosobowe. Podział jest ustalony raz na cały semestr. W wyjątkowych sytuacjach dopuszcza się zmiany na zasadzie zamiany z członkiem innej grupy przerabiającej to samo ćwiczenie w innym terminie.
2. Aby zaliczyć laboratorium należy:
 - znać podstawy teoretyczne ćwiczenia,
 - opanować manualnie wskazane narzędzia pomiarowe,
 - zrealizować wszystkie punkty ćwiczenia,
 - wypełnić sprawozdanie i przedstawić do podpisu prowadzącemu,
 - przekazać kompletne sprawozdanie do oceny na następnych zajęciach.
3. Z narzędziami pomiarowymi należy obchodzić się pieczołowicie. O ich uszkodzeniu lub zaginięciu trzeba niezwłocznie zawiadamiać prowadzącego ćwiczenia.
4. Szczególnie ostrożnie trzeba posługiwać się ciężkimi narzędziami i mierzonymi przedmiotami, zwłaszcza mogącymi stoczyć się ze stołu.
5. Zabrania się dokonywania wpisów do norm i innych dokumentów znajdujących się na stanowisku, a będących własnością Uczelni.
6. Formularze należy wypełniać wyraźnym pismem technicznym.
7. W czasie odbywania się ćwiczeń student przebywa tylko przy swoim stanowisku. Zabrania się nieuzgodnionych ingerencji między grupami zadaniowymi.
8. Ze względu na możliwy kontakt z substancjami ropopochodnymi po zakończeniu ćwiczenia należy starannie umyć ręce.

I. Wprowadzenie do laboratorium nr 1

Omówienie przebiegu ćwiczeń laboratoryjnych z metrologii warsztatowej

Cel laboratorium

Celami laboratorium nr 1 są: przygotowanie studentów do samodzielnego wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych oraz sprawy organizacyjne.

Ćwiczenia laboratoryjne mają na celu:

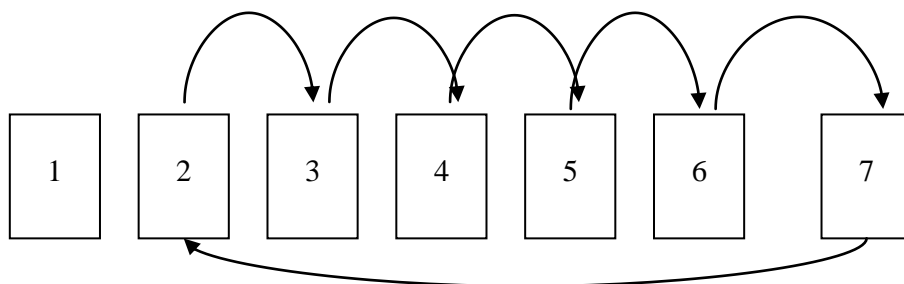
- manualne opanowanie narzędzi pomiarowych,
- ocenę ich właściwości metrologicznych w sposób warsztatowy oraz wg Dzienników Urzędowych Miar i Probiernictwa (Dz. U. M. i P.) i Polskich Norm (PN),
- naukę prawidłowej techniki wykonywania pomiarów,
- ocenę błędów narzędzi, metod pomiarowych oraz czynników wpływowych,
- wykonanie szkicu mierzonego przedmiotu wraz z planem wymiarów,
- zapoznanie się ze stosownymi normami technicznymi: PN i Dz. U. M. i P.
- opracowanie wyników pomiarów.

Sprawozdanie z ćwiczeń wykonuje każdy student samodzielnie wg załączonego schematu. Pozwoli to na ich łatwe przeprowadzenie i jednoznaczną ocenę wyników prac. Przedmiotem pomiarów są rzeczywiste części maszyn, takie jak: wałki, otwory, stożki, gwinty, spoiny, płyty. Pomiaru dostosowane są do typowych prac warsztatowych i posiadanego przez uczelnię sprzętu. Warunkiem przystąpienia do zajęć jest znajomość teorii związanej z zadaniem, w szczególności tej ujętej we „Wprowadzeniu do Laboratorium nr...”. Pogłębione zagadnienia teoretyczne omawiane są na wykładach. Zakres zadań wstępnych jest tak opracowany, aby mógł się dobrze 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 laboratoryjne (podział jest dokonany raz na cały semestr. Późniejsze zmiany są niemożliwe),
- schemat przebiegu zmian zajęć laboratoryjnych (zamieszczony poniżej),



Schemat zaliczania ćwiczeń.

- zaliczenie (zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych polega na przekazaniu kompletu sprawozdań),
 - omówienie narzędzi pomiarowych, ich podstawowe parametry:
 - zakres pomiarowy,
 - dokładność wskazań,
 - błąd wskazań narzędzia,
 - wady metrologiczne określane sposobem warsztatowym.
 - posługiwanie się stosowanymi narzędziami pomiarowymi,
 - sprawdzanie narzędzi pomiarowych,
 - przygotowanie pomiaru, informacje ogólne,
 - zasady szkicowania części maszyn,
 - regulamin zajęć laboratoryjnych, (omówione zostaną zasady prawidłowego prowadzenia zajęć laboratoryjnych pod względem dydaktycznym i bezpieczeństwa),
 - omówienie ćwiczeń nr 2, 3, 4, 5, 6 i 7.

2. Badania wizualne

Zastosowane przyrządy:

- wzorce łuków kołowych wg PN-87/M-53396,
- wzorce zarysu gwintu wg PN-88/M-53395,
- wzorce chropowatości wg PN-85/M-04254 i Dz. U. Mi P. 7/96,
- liniał krawędziowy wg PN-74/M-53180 i Dz. U. M i P. 27/96,
- wzornik spawalniczy,
- lupa

Sprawozdanie z laboratorium

3. Pomiar wymiarów pośrednich

Zastosowane przyrządy:

- suwmiarka wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. 6/96 i nr 4/99,
- mikrometr wewnętrzny wg PN-65/M-53247 i Dz. U. M i P. nr 12/96,
- wzorce zarysu gwintu wg PN-88/M-53395,

Sprawozdanie z laboratorium.

4. Pomiar wymiarów złożonych

Zastosowane przyrządy:

- czujnik zegarowy wg PN-68/M-53260 i Dz. U. M. i P. nr 11/96,
- podstawa do czujnika wg PN-64/M-53261,
- liniał krawędziowy wg PN-74/M-53180 i Dz. U. M i P. 27/96,
- głębokościomierz suwmiarkowy wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. 6/96 i nr 4/99,

Sprawozdanie z laboratorium.

5. Pomiar kątów, pochyleń i zbieżności

Zastosowane przyrządy:

- płytki wzorcowe wg PN-EN ISO 3650 i Dz. U. M. i P. nr 12/96,
- szczelinomierz wg PN-75/M-53390,
- czujnik zegarowy wg PN-68/M-53260 i Dz. U. M i P. nr 11/96,
- podstawa do czujnika wg PN-64/M-53261,
- suwmiarka wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. nr 6/96 i 4/99,
- kątownik 90° stalowy wg PN-86/M-53160 i Dz. U. M i P. nr 23/95 i 27/95,
- liniał sinusowy wg PN-79/M-53354
- płyta pomiarowa wg PN-ISO 8512-1
- głębokościomierz mikrometryczny wg PN-65/M-53247 i Dz. U. M i P. nr 12/96,
- mikrometr zewnętrzny wg PN-65/M-53247 i Dz. U. M i P. nr 12/96,

Sprawozdanie z laboratorium.

6. Pomiary i badania nieniszczące

Zastosowane przyrządy:

- defektoskop ultradźwiękowy,
- grubościomierz ultradźwiękowy do metali,
- grubościomierz ultradźwiękowy do powłok malarskich,

- suwmiarka wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. 6/96 i nr 4/99,

Sprawozdanie z laboratorium.

7. Zamiennosc części maszyn

- transametr wg PN-75/M-53259 i Dz. U. M i P. nr 12/96, wraz z uchwytem,
- płytki wzorcowe wg PN-EN ISO 3650 i Dz. U. M. i P. nr 12/96,
- mikrometr wewnętrzny wg PN-65/M-53247 i Dz. U. M i P. nr 12/96,
- średnicówka czujnikowa wg PN-64/M-53265
- suwmiarka wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. 6/96 i nr 4/99.

Sprawozdanie z laboratorium.

II. Wprowadzenie do laboratorium nr 2

Badania wizualne

Badania wizualne mają na celu wykrycie już na wstępie prac odbiorczych, ewidentnych błędów wykonawczych i montażowych z poprzednich procesów technologicznych (kształt, położenie, chropowatość, pęknięcia, wżery, korozja, braki malarskie oraz przede wszystkim ilościowe). Wykrycie wad nienaprawialnych pozwala oszczędzić czas i koszty dalszych badań i pomiarów oraz procesów produkcyjnych. Badania wizualne można prowadzić okiem nieuzbrojonym lub za pomocą lupy, lusterek, endoskopu. Do jednoznacznej oceny przedmiotu badanego pomocne są: sprawdziany, wzorniki, liniały, kątowniki, narzędzia specjalne itp. Badania wizualne są czasami jedynym sposobem oceny jakości wyrobu, np. w montażu, spawalnictwie, zużytego eksploatacyjnie, czy pod względem estetycznym. Badania wizualne mają na celu wykrycie oczywistych uchybień wykonawczych, np. niedoróbek (niewykonanie jakiejś operacji; brak otworu, wpustu, promienia, ścięcia itp.), lub usterek i uszkodzeń powierzchni. Dla zidentyfikowania błędów wykonawczych konieczna jest dokumentacja danego przedmiotu. Usterki i uszkodzenia nie są na rysunku technicznym omawiane i dlatego potrzebna jest znajomość norm, przeznaczenia wyrobu, a czasem wystarczy zdrowy rozsądek.

Wśród norm technicznych należy wymienić:

- PN-EN 1330-2 „Badania nieniszczące – Terminologia – Terminy wspólne dla badań nieniszczących”.
- PN-EN 1330-10 „Badania nieniszczące – Terminologia – Część 10: Terminy stosowane w badaniach wizualnych”.
- PN-EN 13018 „Badania nieniszczące – Badania wizualne – Zasady Ogólne”.

- PN-EN 13927 „Badania nieniszczące – Badania wizualne – Wyposażenie”.

Pracownicy wykonujący badania wizualne powinni spełniać wymagania wg normy PN-EN 473 „Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne”.

Warunki przeprowadzania badań:

- natężenie oświetlenia na powierzchni badanej powinno wynosić co najmniej 350 luksów (lx). Zalecana wartość natężenia wynosi 500 lx,
- odległość między okiem badającego, a powierzchnią badaną powinna mieścić się w granicach 300 do 600 mm,
- kąt widzenia nie mniejszy niż 30°,
- stan wzroku musi być dobry (w korekcji okularowej lub bez).

1. Przedmiotem oceny wizualnej będą:

- wałek uzębiony,
- dwie blachy połączone spoiną,
- łożysko toczne,
- łożysko ślizgowe.

2. Zastosowane narzędzia:

- lupa,
- wzornik spawalniczy,
- liniał krawędziowy MLWa wg PN-74/M-53180 i Dz. U. M i P. 27/96,
- kątownik krawędziowy MKSg wg PN-86/M-53160 i Dz. U. M i P. nr 23/95 i 27/95,
- wzorce zarysu gwintów MWGa wg PN-88/M-53395,
- wzorce łuków kołowych MWKc wg PN-87/M-53396,
- wzorce chropowatości wg PN-85/M-04254 i Dz. U. M i P. 7/96,
- suwmiarka MAUd wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. nr 6/96 i 4/99.

A. Badania wizualne wałka

1. Cel laboratorium

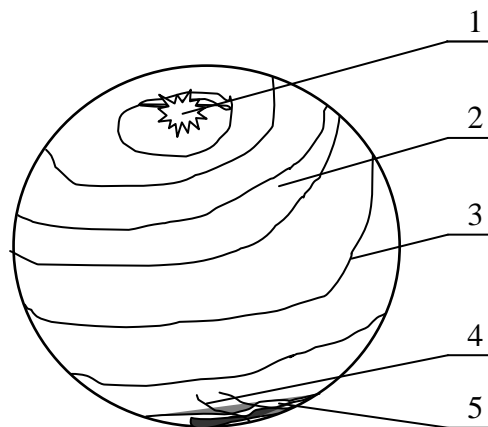
Celem tych zajęć jest zapoznanie się z badaniami wizualnymi części typu wałek. W tej klasie technologicznej znajdują się części maszyn o kształcie walcowym. Należą do niej również: osie, sworznie, kołki, śruby itp.

Wspólną ich cechą jest:

- dokładność wykonania – najczęściej 5-8 klasie tolerancji wg PN-EN 20286-2,
- zbliżone zasady pasowania,
- chropowatość powierzchni najczęściej w zakresie R_a 0,32 do R_a 5.

W związku z tym ocena ww. części wykonywana jest na tych samych zasadach.

Badania wizualne są podstawą w analizie uszkodzeń i awarii. W przypadku wałków jest to najczęściej pęknięcie zmęczeniowe lub doraźne. Cechy powierzchni przełomu informują nas o procesach hutniczych jakim został poddany wałek oraz o obciążeniach jakie przenosił. Źródłem procesu pęknięcia zmęczeniowego są wady hutnicze i obróbcze, a często również konstrukcyjne. Ich ujawnienie pozwala na określenie przyczyn awarii i tym samym sposobu zapobiegania im. Rysunek nr 1 przedstawia schemat pęknięcia zmęczeniowego wałka wraz z typowymi objawami.



Rys.1 Cechy powierzchni złomu zmęczeniowego: 1 – strefa resztkowa; 2 – uskoki; 3 – linie spoczynkowe;
4 – strefa przyogniskowa; 5 – ognisko

2. Wzorce zastosowane w badaniach wizualnych

2.1 Wzorce łuków kołowych MWKc

Wg normy PN-87/M-53396 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce łuków kołowych.”
tzw. promieniomierze służą do sprawdzania małych promieni zewnętrznych i wewnętrznych.

Sprawdzanie metrologiczne wzorców łuków. Brak instrukcji w Dziennikach Urzędowych Miar i Probiernictwa.

Sprawdzanie sposobem warsztatowym polega na:

- przeprowadzaniu oględzin na mikroskopie przy pomocy okręgów wzorcowych,
- minimum to oględziny przez lupę,
- sprawdzenie namagnesowania
- wymagania dla wzorców łuków kołowych podaje norma PN-87/M-53396.

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 2 i 3.



Rys. 2. Nadmierny promień wzornika łuku



Rys. 3. Zbyt mały promień wzornika łuku

Zdarza się, że nie można dopasować żadnego wzorca, jeden jest za mały, a drugi za duży. Wtedy faktyczny wymiar promienia wynika z interpolacji obu szczelin. Najczęściej jest to średnia wartość obu wzorców.

2.2 Wzorce zarysu gwintu

Wzorce zarysu gwintu MMGc wg PN-88/M-53395 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce zarysu gwintu metrycznego”, tzw. grzebień – służą 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, rysunek nr 4.



Rys. 4. Sprawdzanie gwintu sprawdzianem do gwintu. Pełne doleganie krawędzi

Sprawdzanie metrologiczne

Brak instrukcji w Dziennikach Urzędowych Miar i Probiernictwa. Najwłaściwszym są pomiary parametrów geometrycznych, ujętych w normie PN-88/M-53395, najlepiej na mikroskopie lub przy pomocy płytek kątowych.

Sprawdzanie metrologiczne w warunkach warsztatowych; należy dokonać oględzin przez lupę lub przyłożenie do sprawdzianu gwintowego wg rysunku nr 4.

Najczęściej spotykane błędy pomiarów podziałki gwintu wzornikiem – 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 oczywiście kątem zarysu, (60° lub 55°). Niewłaściwy dobór podziałki.

Niewłaściwy dobór podziałki gwintu wzornika do badanej śruby lub nakrętki (skoku – dla gwintu jednozwojnego), możliwy jest zwłaszcza przy małych wymiarach podziałki np. $P = 0,2$ mm i $P = 0,25$ mm, szczególnie na krótkich odcinkach pomiarowych. Jest to bardzo prawdopodobne przy pomiarach gwintu w nakrętce, ze względu na brak możliwości dobrej obserwacji stopnia przylegania.

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

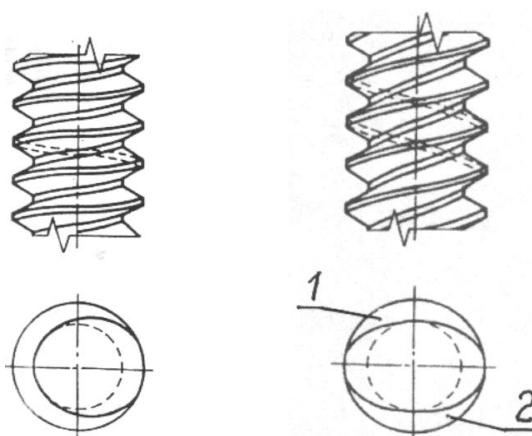
Właściwe określanie podziałki gwintu. Należy starannie i cierpliwie dobierać wzorniki aż do całkowitego styku na całej ich długości z badanym gwintem, wg rysunku nr 4. Styk na całej długości wzornika gwarantuje, że nie pomylimy podziałek nawet bardzo zbliżonych, ani gwintu metrycznego z calowym, a na krótkich odcinkach pomiarowych jest to możliwe.

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

Ww. metody pomiarowe można również stosować do innych rodzajów gwintów, uwzględniając ich specyfikę. Uwaga: kierunek zwojów (lewy lub prawy) i ich krotność oceniany wzrokowo – wg rysunków nr 5 i 6.



Rys. 5. Rodzaje gwintów ze względu na kierunek zwojów: a) gwint lewy; b) gwint prawy



Rys. 6. Krotność gwintu: a) jednokrotny; b) dwukrotny: 1 – pierwszy zwój; 2 – drugi zwój

Rysunek nr 4 przedstawia sposób korzystania ze wzorców zarysu. Pomiarowiec metodą prób i błędów dostawia kolejne wzorce do badanego gwintu, aż uzyska idealne doleganie wszystkich ząbków. Jest to ważne stwierdzenie, gdyż zwłaszcza w małych zakresach gwinty mają nieduże różnice w podziałkach. Dodatkowo gwinty calowe mają nie tylko bardzo podobny kąt zarysu, ale w niektórych z nich podziałka jest również zbliżona do metrycznych.

2.3 Liniał krawędziowy

Liniały krawędziowe służą do oceny odchyłki prostoliniowości i płaskości badanych przedmiotów. Linialem można wykryć szczeliny między powierzchnią badaną, a krawędzią liniału. Ww. błędy o większej wartości, gdy prześwit jest dostatecznie duży, można mierzyć szczerinierzem, mniejsze poprzez porównanie ze szczeliną wzorcową. Liniały krawędziowe opisuje norma PN-74/M-53180 „Narzędzia pomiarowe. Liniały krawędziowe i powierzchniowe.”.



Rys.7. Liniał jednokrawędziowy MLWa

Sprawdzanie walcowości liniałem krawędziowym odbywa się przez przyłożenie go ściśle równoległe do badanej powierzchni, rysunek nr 8.



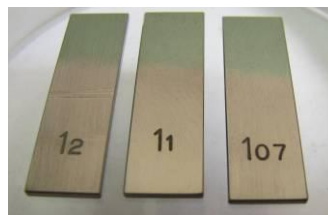
Rys. 8. Sprawdzanie odchyłek od walcowości za pomocą liniału krawędziowego. Wygięcie wałka

2.4 Ustalanie wartości małej miary za pomocą szczeliny wzorcowej

W sytuacji gdy nie ma możliwości bezpośredniego zmierzenia małych wartości lub nie posiadamy odpowiednich narzędzi pomiarowych posługujemy się oceną „na oko”. Aby jednak wyskalować nasz zmysł realizujemy tzw. szczelinę wzorcową na wymiar zbliżony do badanego, np. na suwmiarce, lub mniejsze wartości na płytkach wzorcowych, wg poniższych rysunków. Tak przeprowadzony pomiar ma charakter orientacyjny, ale przy pewnej wprawie może mieć wartości dość poprawne.



Rys. 9 Tworzenie szczeliny wzorcowej na suwmiarce. Wymiar szczeliny 1 mm



Rys. 10 Tworzenie szczeliny wzorcowej na płytkach wzorcowych. Szczeliny 0,13 mm i 0,1 mm

Poprawna ocena wzrokowa ma znaczenie bardzo praktyczne, gdyż pozwala na szybkie ustalenie rozmiarów maszyn i urządzeń oraz odległości. W tym celu należy znać: szerokość swojego kciuka (cal), długość łokcia i stopy (dawne jednostki miar), swój wzrost i normalny krok, a także wymiary często spotykanych w warsztacie przedmiotów oraz długość, szerokość i wysokość hali. Może to służyć jako podręczne wzorce.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 2A

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

Temat: Badania wizualne wymiarów zewnętrznych, wewnętrznych, mieszanych i pośrednich oraz stopnia zużycia i uszkodzeń

Badanie wizualne wałka.

Ćwiczenie odbyto dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
-----------------------	----------------------------

1. Cel ćwiczenia

1. Manualne opanowanie typowych wzorników, jak: wzorniki gwintu i łuków kołowych, liniał i kątownik.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych wzorców i sprawdzianów.
3. Przygotowanie wałka do badań.
4. Dokumentowanie wyników badań, w tym:
 - szkicowanie zauważonych nieprawidłowości przedmiotu mierzonego,
 - analiza szczegółowa wybranej średnicy z określeniem rodzaju i wartości odchyłek walcowości za pomocą liniału,
 - rozpoznawanie gwintu zewnętrznego oraz określenie jego podstawowych parametrów z norm,
 - ukształtowanie umiejętności w zakresie tworzenia tekstów technicznych oraz przygotowywania i prowadzenia prezentacji dotyczących analizowanych zagadnień technicznych.
5. Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

2. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe:

1. Ocena wzrokowa wymiarów: wewnętrzne, zewnętrzne, mieszane i pośrednie.
2. Wzorce gwintu.
3. Wzorce łuków kołowych.
4. Chropowatość, błędy walcowości.

Zadania dodatkowe:

1. Gwinty.
2. Określanie promieni i podcięć.
3. Określanie nakiełków.
4. Wymiarowanie.

3. Literatura

Literatura podstawowa:

1. Norma PN-58/M-02043 „Podcięcia obróbkowe.”
2. Norma PN-75/M-02497 „Nakiełki z gwintem.”

3. Norma PN-87/M-04251 „Struktura geometryczna powierzchni. Chropowatość powierzchni. Wartości liczbowe parametrów.”
4. Norma PN-85/M-04254 „Struktura geometryczna powierzchni obrabianych. Porównawcze wzorce chropowatości powierzchni obrabianych.”
5. Norma PN-74/M-53180 „Narzędzia pomiarowe. Liniały krawędziowe i powierzchniowe”.
6. Norma PN-88/M-53395 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce zarysu gwintu metrycznego.”
7. Norma PN-87/M-53396 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce łuków kołowych.”
8. Norma PN-ISO 129 „Rysunek techniczny. Wymiarowanie. Zasady ogólne. Definicje. Metody wykonania i oznaczenia specjalne.”
9. Norma PN-ISO 724 „Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Wymiary nominalne.”
10. Norma PN-EN ISO 6411 „Rysunek techniczny. Przedstawianie uproszczone nakiełków wewnętrznych”

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. PN-ISO 3058 „Badania nieniszczące. Przyrządy pomocnicze do badań wizualnych. Dobór lup o małych powiększeniach”
6. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 7/96
7. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 27/96

4. Dobór i sprawdzanie przyrządów pomiarowych

1. Wzornik łuków kołowych MWKc
 - zakres pomiarowy.....
 - odchyłki graniczne $\pm T_p/2$ promieni znamionowych R wg PN-87/M-53396
.....
 - sprawdzenie metrologiczne warsztatowe.....

2. Wzornik gwintu MWGa
 - zakres pomiarowy.....
 - odchyłki graniczne podziałki $\pm T_p/2$ wg PN-88/M-53395
 - sprawdzenie metrologiczne warsztatowe.....
3. Liniął krawędziowy MLWa wg PN-74/M-53180
 - wymiary $L \times l$
 - tolerancja prostopadłości krawędzi roboczych T_v wg PN-74/M-53180
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe
4. Lupa – powiększenie
5. Wzorce chropowatości wg PN-85/M-04254
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - sprawdzenie metrologiczne warsztatowe.....

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

6. Badania (ogłędziny)

1. Opracowanie ćwiczenia:

Warunki przeprowadzania badań:

A. Przedmiot badany nr 1: wałek uzębiony

Kryteria oceny wg rysunku technicznego

1. Identyfikacja wałka z rysunkiem technicznym:

- rysunek nr.....
- materiał i wybite na czole wałka oznaczenia:.....
- ilość zębów:.....
- kierunek pochylenia zębów:.....
- kształt części walcowej wałka: zgodny z rys/ niezgodny:.....
- ilość i stopniowanie czopów i odsadzeń:.....
- orientacyjne wymiary czopów i odsadzeń, φ/l :.....
- nakielki: zwykłe *A*, chronione *B*, łukowe *R*, gwintowane/nie gwintowane, stan techniczny:.....

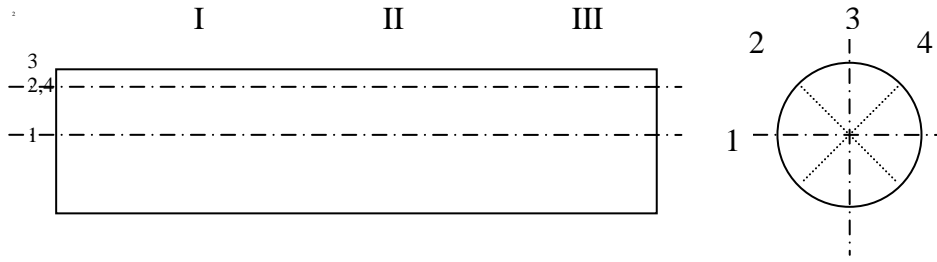
- rowki wpustowe: czólenkowe, pryzmatyczne: zaokrąglone, zaokrąglone jednostronnie, ścięte, pełne lub z otworami gwintowanymi, rozmieszczenie, ilość;.....

2. Ocena powierzchni;

- rodzaj obróbki i chropowatość:.....
- pokrycie powierzchni: połysk, zabrudzenia trwałe, korozja, powłoki nakładane:.....
- formy zużycia i uszkodzeń;.....
- Czop 1.....
- Czop 2.....
- Czop 3.....
- Czop 4.....
- Czoła.....
- promienie, zatoczenia i podcięcia.....
- rowki wpustowe.....
- inne.....

3. Ocena odchyłki walcowości czopów (stożek, baryłka, siodłowość, wygięcie), badania wykonać należy w czterech miejscach na obwodzie, co 45°.

- Na poszczególnych czopach wykonać zagęszczoną ilość przyłożeń liniału krawędziowego wzdłuż tworzącej walca. Odchyłki od prostej nanieść wg siatki na szkicu obok. Określić błędy kształtu: baryłkowość, siodłowość, stożkowość, wygięcie.
- Wartości liczbowe odchyłek walcowości określić orientacyjnie, metodą szczeliny wzorcowej.
- Siatka pomiarów dla wybranej średnicy wałka. Wymiary należy wpisać do tabeli.



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

4. Ocena promieni wzorcem zarysu kołowego i porównanie zgodności z rysunkiem

.....

5. Ocena gwintu:

– rodzaj gwintu: trójkątny/inny, walcowy/stożkowy, prawy/lewy, krotność; 1 lub 2

.....

– określenie podziałki gwintu wzornikiem gwintu (grzebień), odczyt $P =$

– kąt zarysu gwintu (ocena wzornikiem): $60^\circ, 55^\circ$

– dno bruzdy: płaskie, zaokrąglone.....

– zarys: toczony/walcowany.....

– stan powierzchni zwojów:.....

– rodzaj wyjścia zwojów: podtoczone, gubione.....

– ocena średnicy zewnętrznej gwintu, wymiar $d_z =$

Uzyskane wyniki odnieść do PN-ISO 724

.....

.....

VI. Szkic odręczny zauważonych nieprawidłowości mierzonego wałka wraz z planem orientacyjnych wymiarów

VII. Przedmiot badany nr 2 – wałek pęknięty

1. Szkic przełomu.

2. Opis przełomu.....
.....

VIII. Zadania

1. Wskazać wymiary mieszane i pośrednie.....
.....
2. Określić odchyłki walcowości w tabeli.
3. Wskazać następne czynności:
 - dalsze pomiary – narzędzia:.....
.....
 - złomowanie; powód.....
.....

B. Badania wizualne konstrukcji spawanej

1. Cel laboratorium

Celem tych zajęć jest zapoznanie się z badaniami wizualnymi części typu konstrukcja spawana. W tej klasie technologicznej znajdują się również części maszyn o złożonym kształcie uzyskanym metodami spawalniczymi. Należą do niej korpusy, koła zębate, sprzęgła, hamulce itp. Wspólną ich cechą jest:

- dokładność wykonania najczęściej w 8 do 12 klasie tolerancji wg PN-EN 20286-2,
- zbliżone zasady przygotowania krawędzi,
- jednakowe kryteria oceny jakości.

W związku z tym ocena ww. elementów wykonywana jest na tych samych zasadach. Uniwersalne kryteria oceny zawarte są w Polskich Normach:

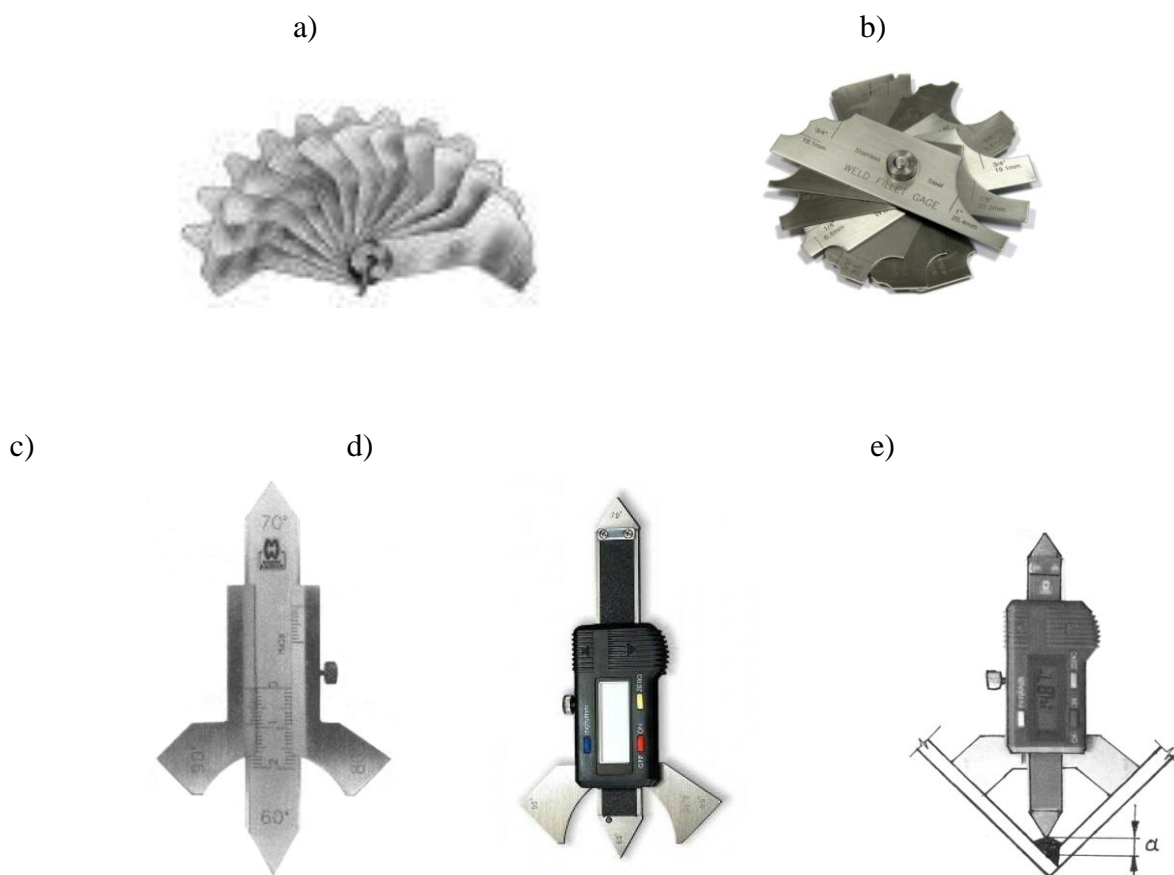
- PN-EN 970 „Spawalnictwo. Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania wizualne.”;
- PN-EN ISO 25817 „Złącza spawane łukowo. Wytyczne określania poziomów jakości według niezgodności spawalniczych”;
- PN-EN 26520-1 „Spawanie i procesy pokrewne .Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach. Część 1: Spawanie”.

1. Zastosowane narzędzia

Spoiny spawalnicze są z reguły długie, a ich kształt złożony. Z tego powodu dokładny pomiar jest utrudniony, a często zbędny. Dlatego, w ocenie parametrów geometrycznych spoin, najszersze zastosowanie mają wzorniki i sprawdziany. Pozwalają one na szybkie, a jednocześnie zadowalające zbadanie nawet bardzo długich spoin.

Przykładowe wzorniki przedstawia rysunek nr 11. a), b). Wzorniki wg rysunku 11. c), d) mają możliwość pomiaru dopuszczalnej wypukłości i wklęsłości spoin pachwinowych oraz dopuszczalnej wysokości nadlewu. Można też nastawić je na określony wymiar i kontrolować spoiny na zasadzie dobrego-niedobrego.

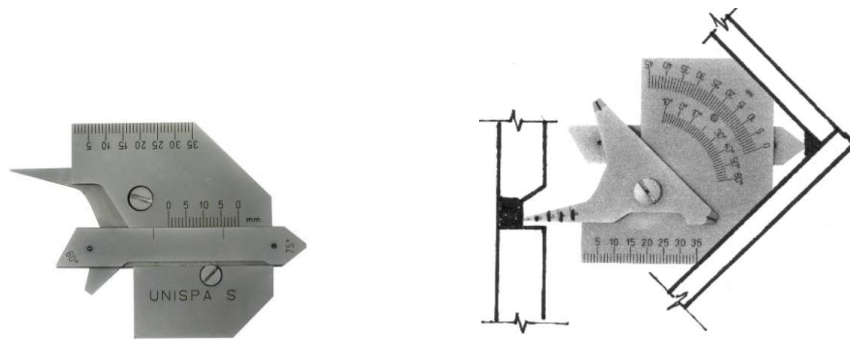
Sprawdzenie metrologiczne wzorników przeprowadzamy okresowo na płycie pomiarowej i płytkach wzorcowych klasy 2. Mierzymy w ten sposób wymiar nadlewu, czyli sprawdzamy poprawność wskazań wzornika. Wzorniki suwmiarkowe, do spoin pachwinowych ustawiamy na kątowniku powierzchniowym, sprawdzając w ten sposób wskaz zerowy.



Rys. 11 Wzorniki spawalnicze:

a), b) wzornik do spoin pachwinowych; c) wzornik pomiarowy suwmiarkowy; d) wzornik z odczytem elektronicznym; e) sposób pomiaru

Są też wzorniki o przeznaczeniu uniwersalnym, przeznaczone do spoin pachwinowych i doczołowych oraz wymiaru rowków i wad spawalniczych, rysunek nr 12.

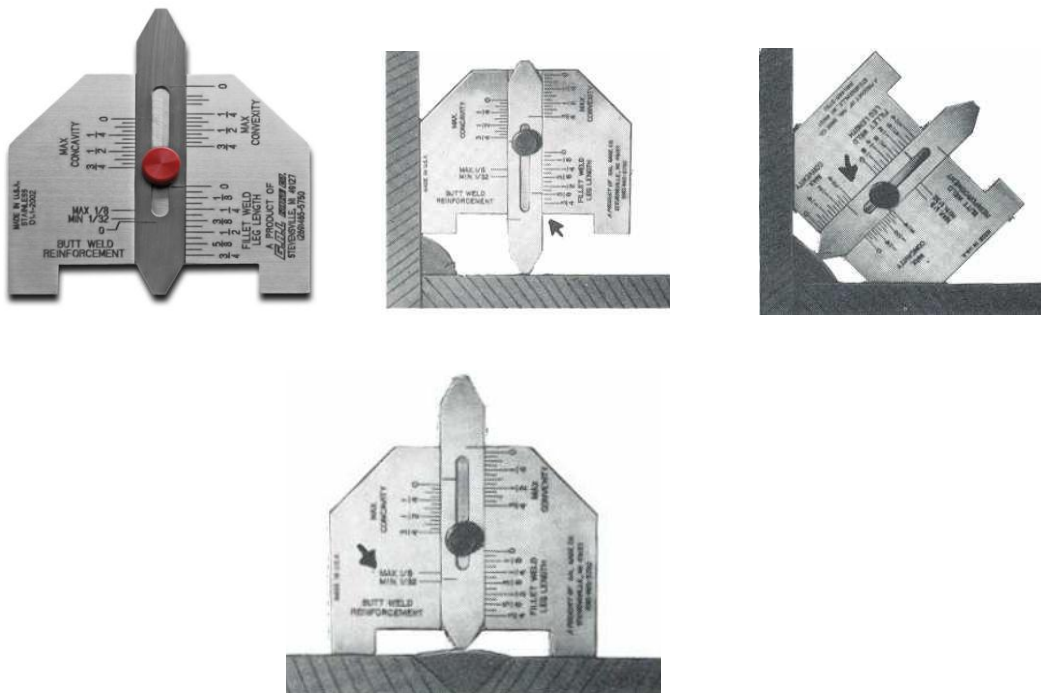


Rys. 12. Spoinomierz uniwersalny

Uniwersalny charakter ma również spoinomierz z rysunku nr 13 służący do dokładnego pomiaru spoin pachwinowych i doczołowych.

Możliwości przyrządu to:

- pomiar długości boków spoin pachwinowych,
- pomiar dopuszczalnej wypukłości i wklęsłości spoin pachwinowych,
- pomiar dopuszczalnej wysokości nadlewu w spoinach doczołowych.



Rys. 13. Przyrząd uniwersalny do pomiaru spoin pachwinowych i doczołowych

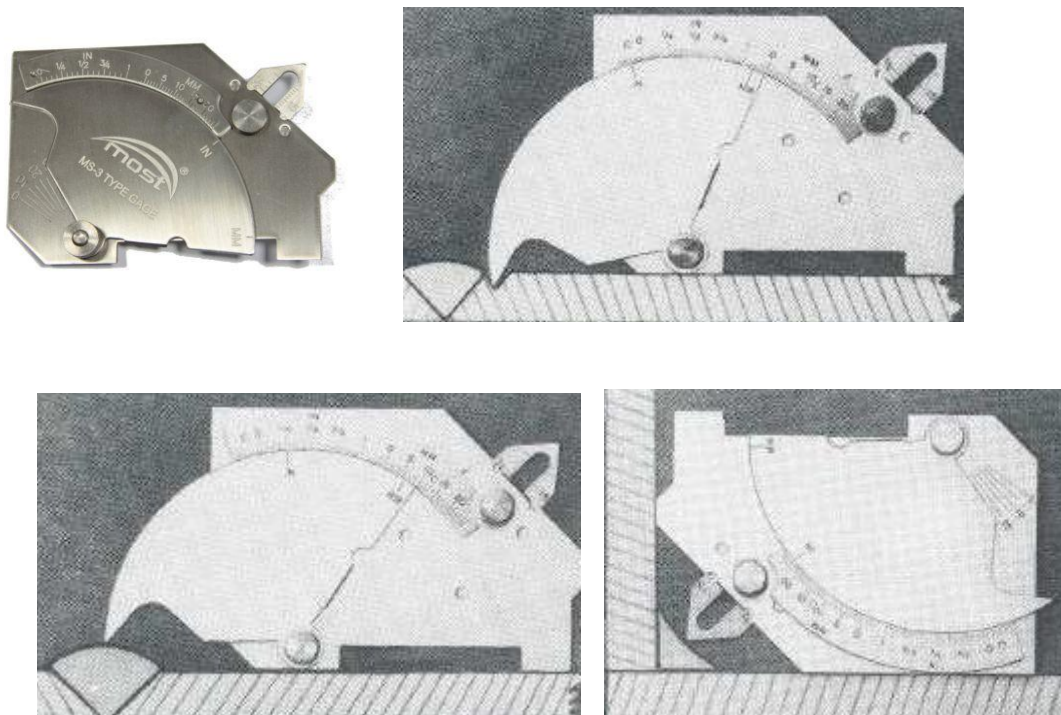
Bardzo uniwersalny charakter ma również przyrząd z rysunku nr 14.



Rys.14. Przyrząd do pomiaru spoin kątowych

Możliwość przyrządu to sprawdzanie kątów zestawienia blach oraz pomiar wielkości spoin kątowych.

Uniwersalny charakter ma również przyrząd krzywkowo-mostkowy z rysunku 15.



Rys.15. Przyrząd krzywkowo-mostkowy

Możliwości przyrządu to:

- pomiar wysokości nadlewu,
- pomiar długości boku spoin pachwinowych,
- pomiar grubości spoin pachwinowych,
- pomiar wielkości przesunięcia,
- pomiar wielkości podtopienia,
- pomiar kąta ukosowania blach.

W pomiarach spawalniczych dokładność geometryczna ogranicza się najczęściej do 0,5 mm. Stąd też przyrządy ww. mają wykonanie o charakterze suwmiarkowym, z dokładnością noniusza 0,1 mm. Wymiary łączonych elementów, czyli przeważnie wyrobów hutniczych mają również podobną dokładność wykonania. Także rowki spawalnicze, często wykonywane metodami spawalniczymi (palnik tlenowo-acetylenowy lub plazmowy), mają taką dokładność. Pomiar geometryczny spoin są jednym z elementów kontroli jakości w spawalnictwie, obok badań wizualnych i prześwietlania (ultradźwięki, rentgen, izotopy).

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 2B

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

Temat: Badania wizualne wymiarów zewnętrznych, wewnętrznych, mieszanych i pośrednich

Badania wizualne konstrukcji spawanej.

Ćwiczenie odbyto dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
-----------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

Zadania szczegółowe

1. Manualne opanowanie typowych wzorników, jak: wzornik spawalniczy, liniał i kątownik.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych wzorców i sprawdzianów.
3. Przygotowanie konstrukcji do badań.
4. Dokumentowanie wyników badań, w tym:
 - szkicowanie zauważonych nieprawidłowości przedmiotu mierzonego,
 - analiza szczegółowa wybranego połączenia z określeniem rodzaju i wartości odchyłek prostokątności za pomocą kątownika oraz innych nieprawidłowości,
 - rozpoznawanie spoiny oraz określenie jej podstawowych parametrów z norm,
 - sprawozdanie, ukształtowanie umiejętności w zakresie tworzenia tekstów technicznych oraz przygotowywania i prowadzenia prezentacji dotyczących analizowanych zagadnień technicznych.
5. Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe:

1. Ocena wzrokowa wymiarów: wewnętrzne, zewnętrzne, mieszane i pośrednie.
2. Ocena wzrokowa połączeń spawanych.
3. Wzorce spawalnicze.

Zadania dodatkowe:

1. Wyroby hutnicze, ich parametry wymiarowe.
2. Określanie spoin.
3. Wymiarowanie konstrukcji spawanych.

III. Literatura

Literatura podstawowa:

1. Norma PN-74/M-53180 „Narzędzia pomiarowe. Liniały krawędziowe i powierzchniowe.”
2. Norma PN-86/M-53160 „Narzędzia pomiarowe. Kątowniki 90° stalowe.”
3. Norma PN-ISO 129 „Rysunek techniczny. Wymiarowanie. Zasady ogólne. Definicje. Metody wykonania i oznaczenia specjalne.”
4. PN-EN 970 „Spawalnictwo. Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania wizualne.”
5. Norma 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-EN 26520-1 „Spawanie i procesy pokrewne .Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach. Część 1: Spawanie.”

Literatura dodatkowa:

1. Norma PN-ISO 1302 „Rysunek techniczny. Oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni.”
2. PN-ISO 3058 „Badania nieniszczące. Przyrządy pomocnicze do badań wizualnych. Dobór lup o małych powiększeniach.”
3. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 27/96

IV. Zastosowane wzorce

1. Wzornik spawalniczy

- zakres pomiarowy.....
- dokładność wskazań.....
- błąd wskazań.....
- sprawdzenie metrologiczne warsztatowe.....

2. Kątownik 90° stalowy MKSg wg PN-86/M-53160

- wymiary $L \times l$

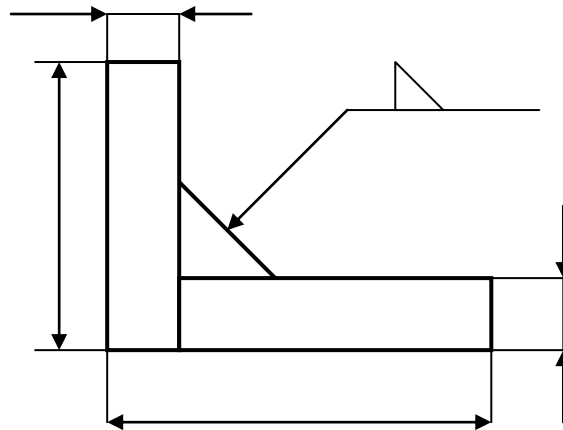
- tolerancja prostokątności krawędzi roboczych T_v
- sprawdzenie metrologiczne warsztatowe

3. Linią krawędziowy MLW a wg PN-74/M-53180

- wielkość.....
- tolerancja prostoliniowości T_l wg PN-74/M-53180.....
- sprawdzenie metrologiczne warsztatowe

Przedmiot badany nr 3: blachy połączone spoiną

Kryteria oceny wg rysunku i norm. Identyfikacja z rysunkiem technicznym, wymiary ocenić wizualnie i wpisać.



- rysunek nr.....
- materiał: gatunek, g/s/l:.....
- kształt konstrukcji:.....
- odchylenia kształtu:.....
- stan powierzchni: tekstura, barwa, zanieczyszczenia lub pokrycia,
- spoina: rodzaj, wymiary, metoda spawania.....
- niezgodności wg PN-EN 26520:.....
- ocena poziomu jakości złącza wg PN-EN 25817:.....

- ocena ostateczna badanego elementu: dobry (klasa wykonania), niedobry (do poprawy, złom).....

Wnioski:.....
.....
.....

III. A. Wprowadzenie do Laboratorium nr 3A

Temat: Pomiar wymiarów pośrednich

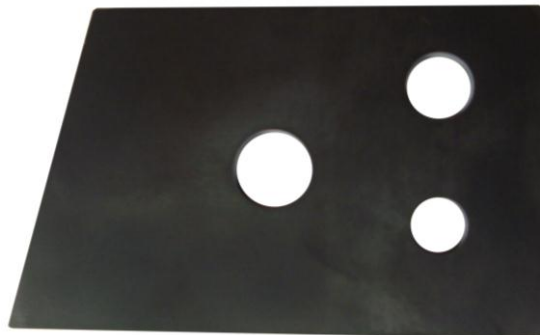
A. Pomiar rozstawu otworów.

1. Cel laboratorium

Celem zajęć jest zapoznanie się z problematyką pomiarów pośrednich, głównie rozstawów otworów i kątów. Dotyczy to części maszyn typu korpus, dźwignia, konstrukcja płaska. Mają one zbliżone cechy metrologiczne:

- podobne tolerancje, tj. klasa dokładności od 5 do 8 wg PN-EN 20286-2,
- zastosowanie podobnych narzędzi pomiarowych,
- podobne klasy chropowatości, tj. R_a od 0,63 do 2,5 μm .

2. Przedmiot mierzony



Rys.16. Płytką z otworami

3. Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych

3.1 Zastosowane przyrządy

- suwmiarka MAUd wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. 6/96 i nr 4/99,
- mikrometr wewnętrzny MMWd wg PN-65/M-53247 i Dz. U. M i P. nr 12/96,
- wzorce zarysu gwintu MWGa wg PN-88/M-53395.

3.2 Czynności pomiarowe

– Pomiar rozstawu otworów i ich odległości od krawędzi

Ten rodzaj pomiarów wykonujemy suwmiarką, konieczne szczękami krawędziowymi, wg rysunków nr 17 i 18. Pozwalają one na dokładne ułożenie wzdłuż średnicy otworu. Szczęki płaskowalcowane powodują powstanie szczeliny między nimi a otworem, tym większej im mniejsza średnica otworu.

a)



b)



Rys.17. Pomiar rozstawu dwóch otworów przy pomocy suwmiarki uniwersalnej:

a) od krawędzi wewnętrznych; b) od krawędzi zewnętrznych



Rys.18. Pomiar odległości otworu od krawędzi płytki

Konieczne jest też dokładne doleganie szczęk do powierzchni odmierzanych. Trzeba pamiętać, że z serii pomiarów właściwym jest ten najmniejszy.

– **Pomiar otworu mikrometrem wewnętrznym**

Pomiar mikrometrem wewnętrznym jest w zasadzie podobny do pomiaru suwmiarką. Wobec tego należy ułożyć szczęki dokładnie wzdłuż średnicy otworu, rysunek nr 19. Dokręcanie bębna należy wykonywać przez sprzęgiełko.



Rys. 19. Pomiar otworu mikrometrem wewnętrznym

– **Sprawozdanie z laboratorium**

W sprawozdaniu należy przyjąć wartości zmierzone suwmiarką z dokładnością 0,05 mm.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 3A

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

Temat: Pomiary pośrednie

A. Pomiar rozstawu otworów i obliczenia kątów trójkąta

Ćwiczenie odbyto dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
-----------------------	----------------------------

Cel ćwiczenia

1. Manualne opanowanie suwmiarki, mikrometru wewnętrznego, kątomierza, kątowników,
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych narzędzi pomiarowych.
3. Przygotowanie płytki do pomiarów.
4. Dokumentowanie wyników pomiarów:
 - szkic płytki wraz z wymiarowaniem,
 - ustalenie wymiarów bezpośrednich i pośrednich,
5. Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe:

1. Wymiarowanie rozstawów.
2. Funkcje trygonometryczne.

3. Prawo Pitagorasa.
4. Ustalanie pasowań i tolerancji wg zmierzonych odchylek.

Zadania dodatkowe:

1. Pasowanie wg zasady stałego otworu.

III. Literatura

Literatura podstawowa:

1. Norma PN- 91/M-02168/01 „Tolerancje ogólne. Tolerancje wymiarów liniowych i kątowych bez tolerancji indywidualnych.”.
2. Norma PN-86/M-53160 „Narzędzia pomiarowe. Kątowniki 90° stalowe.”.
3. Norma PN-65/M-53247 „Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe jednostronne.”.
4. Norma PN-ISO 724 „Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Wymiary nominalne.”.
5. Norma PN-EN 20286-2 „Układ tolerancji i pasowań ISO. Tablice klas tolerancji normalnych oraz odchylek granicznych otworów i wałków.”.

Literatura dodatkowa:

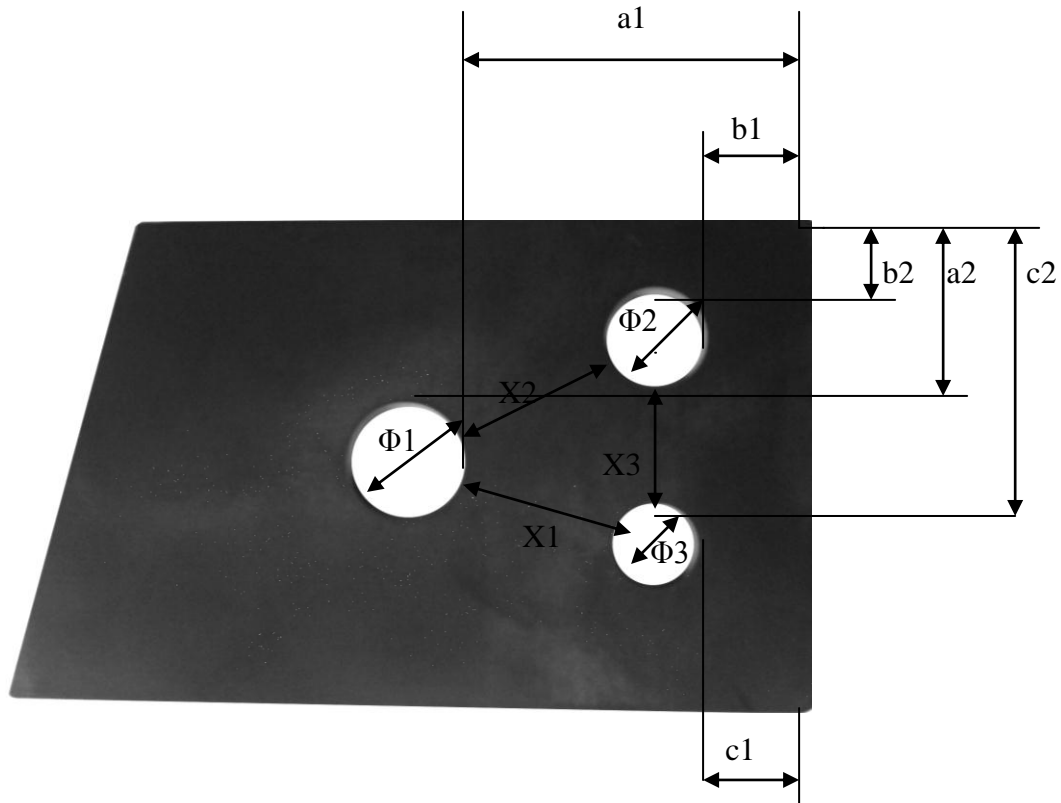
1. Norma PN-EN ISO 1119 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Szeregi kątów i zbieżności powierzchni.”.
2. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 6/96.
3. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 12/96.

IV. Sprawdzanie narzędzi pomiarowych

1. Suwmiarka MAUd wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. nr 6/96
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań
 - dopuszczalne błędy wskazań przyrządu wg PN-80/M-53130
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe
2. Mikrometr wewnętrzny wg PN-65/M-53247 i Dz. U. M. i P. nr 12/96
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - dopuszczalne błędy wskazań przyrządu wg PN-65/M-53247
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe

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

V. Szkic płytki wraz z planem wymiarów



Rys.20. Płytką z otworami. Wymiarowanie do pomiarów

VI. Pomiar płytki, wg rys. 20

1. Wymiary gabarytowe [mm], $L \times h \times g$. Pomiar suwmiarką [0,1 mm].....
2. Pomiar odległości krawędzi otworów wg szkicu [0,1 mm]

a1.....	a2	
b1.....	b2.....	
c1.....	c2.....	
x1.....	x2.....	x3.....
3. Pomiar średnicy otworów mikrometrem wewnętrznym [0,01 mm]:

Φ1.....	Φ2.....	Φ3.....
---------	---------	---------

4. Obliczanie promienia otworu: $R = \Phi : 2$ [0,01 mm]

R1..... R2..... R3.....

5. Obliczanie odległości osi otworów od krawędzi bazowej nr 1, [0,1 mm] :

$A1 = a1 + R1$ $B1 = b1 + R2$ $C1 = B1 = c1 + R3$

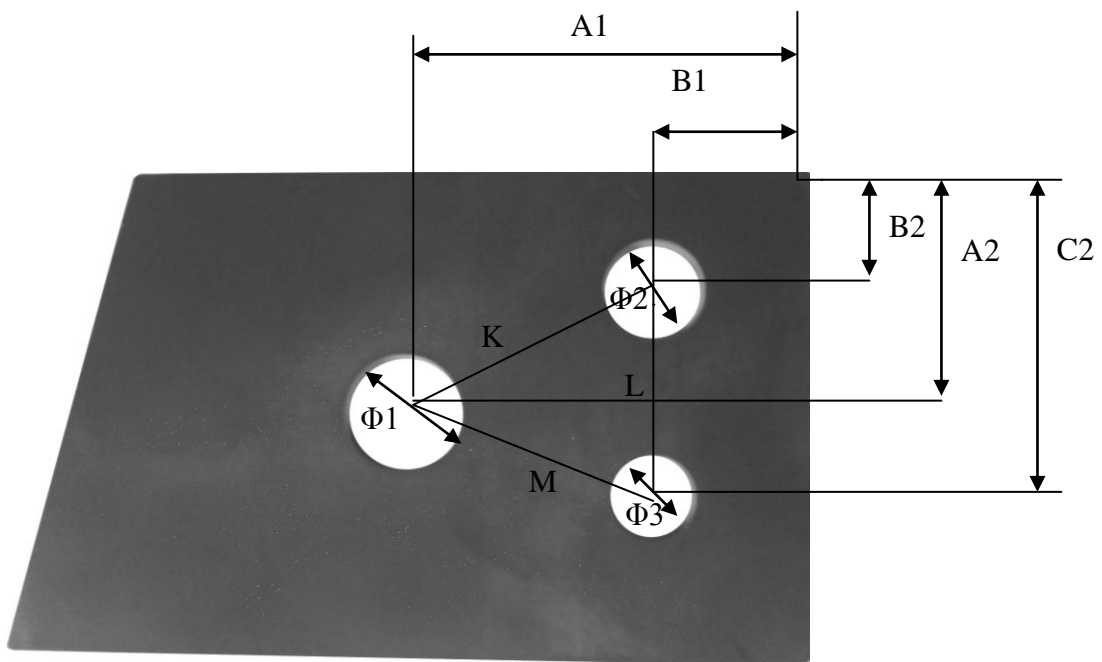
A1 = B1= C1 = B1 =

6. Obliczanie odległości osi otworów od krawędzi bazowej nr 2, [0,1 mm] :

$A2 = a2 + R1$ $B2 = b2 + R2$ $C2 = c2 + R3$

A2 = B2 = C2 =

7. Położenie osi otworów względem krawędzi 1 i 2, rys.21:



Rys.21 Płytką z otworami. Wymiarowanie rozstawu osi otworów

8. Obliczanie rozstawu między osiami otworów, wg rysunku nr 21:

$[\Phi1 \div \Phi2] = K = x2 + R1 + R2$, $K =$

$[\Phi2 \div \Phi3] = L = x3 + R2 + R3$, $L =$

$[\Phi3 \div \Phi1] = M = x1 + R1 + R3$, $M =$

9. Sprawdzanie odległości między osiami otworów wg rys.22:

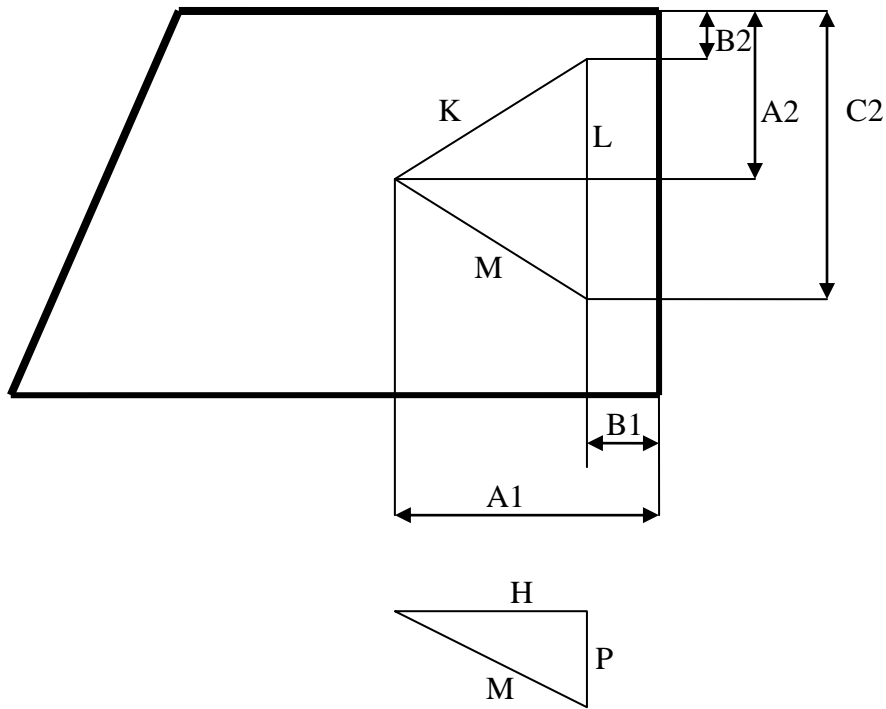
- schemat trójkąta środków otworów i jego położenia względem krawędzi bazowej;
- korzystając z prawa Pitagorasa sprawdź uzyskane wymiary:

- z wymiarów bazowych sprawdź KLM (punkt 5 i 6).....

.....

.....

.....



Rys. 22. Schemat trójkąta środków otworów i jego położenia względem krawędzi bazowej

- wykorzystując dane pomiarowe: $M = \dots\dots\dots$, $H = A1 - B1 = \dots\dots\dots$
 $P = C2 - A2 = \dots\dots\dots$, Oblicz kąty w trójkącie H P M;
- podobnie zrób z drugim trójkątem: $K = \dots\dots\dots$, $H = A1 - B1 = \dots\dots\dots$
 $A2 - B2 = \dots\dots\dots$

10. Wykorzystując trygonometrię oblicz kąty w trójkącie K L M.

$\alpha = \dots\dots\dots$

$\beta = \dots\dots\dots$

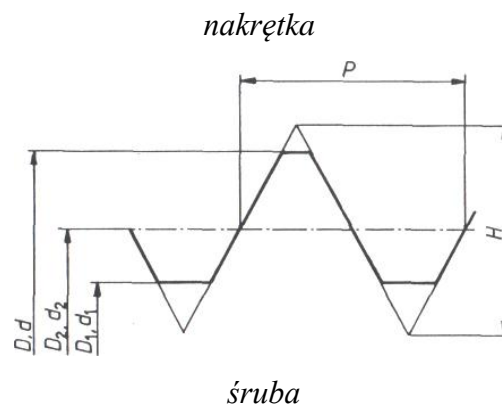
$\gamma = \dots\dots\dots$

III. B. Wprowadzenie do laboratorium 3B. Pomiar gwintu wewnętrznego

1. Cel ćwiczenia

Pomiar gwintu wewnętrznego jest z natury trudnym. Pewnym jest tylko pomiar średnicy wewnętrznej suwmiarką i podziałki wzornikiem. Przy czym pomiar wzornikiem wymaga sporej wprawy. Kluczowe parametry tj. średnica znamionowa i kąt zarysu (60° lub 55°) trzeba uzyskać z analizy Polskich Norm. Pomocnym będzie też pomiar szerokości s nakrętki, tzw. wymiar pod klucz. W przypadku gwintu w korpusach, blachach itp. pomiar ten jest oczywiście niemożliwy.

2. Parametry gwintu metrycznego



Rys. 23. Podstawowe parametry gwintu, wg PN-ISO 724

Oznaczenia dużymi literami odnoszą się do wymiarów nakrętki:

D – wymiar nominalny gwintu, średnica wrębu nakrętki,

D_1 – średnica wewnętrzna (otworu) nakrętki,

D_2 – średnica podziałowa gwintu,

P – podziałka (skok),

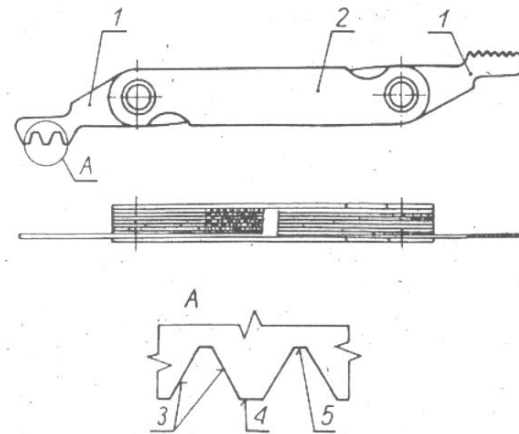
H – wysokość trójkąta podstawowego.



Rys. 24. Szerokość nakrętki s (wymiar pod klucz)

3. Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych

- suwmiarka MAUd wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. nr 6/96,
- wzorce zarysu gwintu MWGa wg PN-88/M-53395.



Rys. 25 Pakiet wzorców zarysu gwintu:

- 1 – wzorzec zarysu gwintu; 2 – okładka; 3 – powierzchnia robocza; 4 – wierzchołek zarysu wzorca;
- 5 – dno zarysu wzorca

3.3. Czynności pomiarowe:

- pomiar suwmiarką średnicy otworu gwintowanego [0,05 mm],
(pomiar należy wykonać z dużą dokładnością i starannością gdyż, zwłaszcza przy gwintach o małej średnicy otwory wewnętrzne są bardzo zbliżone przy różnych podziałkach.
- pomiar suwmiarką szerokości nakrętki [0,1 mm],
- pomiar podziałki gwintu wzornikiem gwintu, rysunek nr 26.



Rys. 26. Pomiar podziałki gwintu wewnętrznego

Wzajemne skojarzenie średnicy wewnętrznej z szerokością pod klucz oraz podziałką pozwala na odczytanie z norm właściwego wymiaru znamionowego gwintu.

III. Sprawozdanie z ćwiczenia nr 3B. Pomiar gwintu wewnętrznego

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

Temat: Pomiary pośrednie

B. Pomiar gwintu wewnętrznego

Ćwiczenie odbyto dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
-----------------------	----------------------------

Zadania szczegółowe:

1. Manualne opanowanie suwmiarki i wzornika gwintu.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych narzędzi pomiarowych.
3. Dokumentowanie wyników pomiarów:
 - szkic gwintu wewnętrznego wraz z wymiarowaniem,
 - ustalenie wymiarów bezpośrednich i pośrednich,
4. Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe:

1. Rysowanie i wymiarowanie gwintów.
2. Ustalanie parametrów gwintu wg pomiarów.

Zadania dodatkowe:

1. Parametry gwintu metrycznego.

III. Literatura

Podstawowa:

1. Norma PN-ISO 724 „Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Wymiary nominalne.”.
2. Norma PN-80/M-53130 „Narzędzia suwmiarkowe. Przyrządy suwmiarkowe. Wymagania.”.
3. Norma PN-80/M-53395 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce zarysu gwintu metrycznego.”

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-EN ISO 4014 „Śruby z łbem sześciokątnym. Klasy dokładności A i B.”
5. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 6/96 i 4/99.

IV. Dobór i sprawdzenie narzędzi pomiarowych

1. Suwmiarka MAUd wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. nr 6/96
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań
 - dopuszczalne błędy wskazań przyrządu wg PN-80/M-53130
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe

2. Wzornik gwintu MWGa
 - zakres pomiarowy.....
 - odchyłki graniczne podziałki $\pm T_p/2$ wg PN-88/M-53395
 - sprawdzenie metrologiczne warsztatowe.....

V. Szkic przedmiotu mierzonego wraz z planem wymiarów

VI. Pomiary i analiza wymiarowa

1. Średnica otworu [0,05 mm] $D_I =$
2. Podziałka gwintu $P =$
3. Szerokość nakrętki, „wymiar pod klucz” [0,1 mm] $s =$
4. Analiza danych pomiarowych wg PN-ISO 724:
 - Zgodność wymiarów P i D_I
 - Średnica znamionowa D
 - Oznaczenie gwintu.....
5. Odniesienie parametrów gwintu do „wymiaru pod klucz” s , wg PN-EN ISO 4014

6. Wnioski:.....

IV. Wprowadzenie do Laboratorium nr 4

Pomiar wymiarów złożonych

1. Cel laboratorium

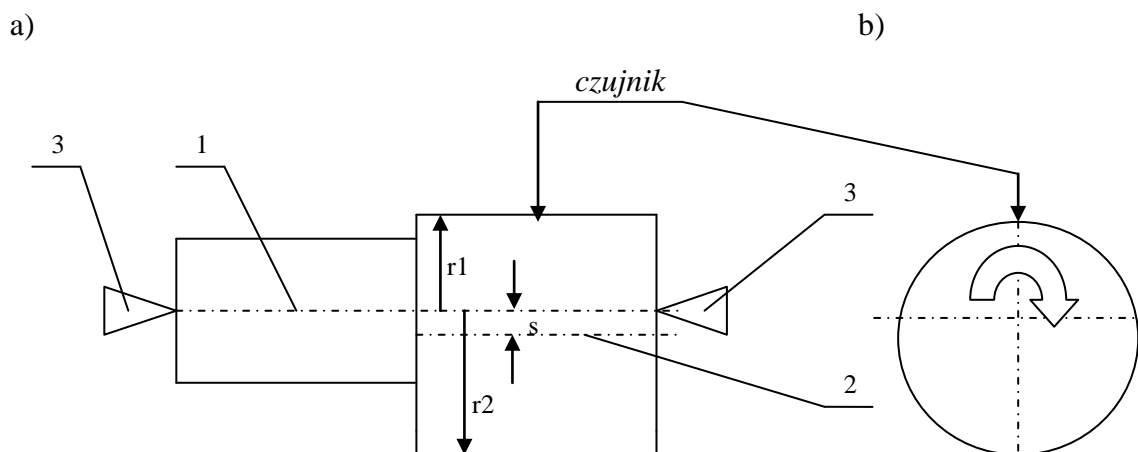
Celem zajęć jest zapoznanie się z problematyką pomiarów złożonych, głównie bicia promieniowego i osiowego, ale i odchyłek kołowości i walcowości. Zagadnienie opisuje norma PN-93/M-04262 „Metody oceny odchyłek okrągłości. Pomiar zmian i promieni.”. Badanie na przyrządzie kłowym za pomocą czujnika zegarowego polega na pomiarze zmiany długości promienia wałka od jego osi obrotu (osi nakiełków) w czasie jednego obrotu.

Jednak najczęściej chodzi nam o pomiar przesunięcia osi poszczególnych czopów jednego wałka względem siebie. Ich wzajemne przesunięcie, rysunek nr 27. nazywa się również wykorbieniem lub mimośrodowością wałka.

Ponieważ czujniki zębate mają błąd histerezy, to pomiar należy wykonać dla wartości narastających i malejących (obrót wałka w jedną i w drugą stronę). Wskazany jest wyniki pomiarów nanosić na okrąg wzorcowy, rysunek nr 34. Taki zapis można uzyskać automatycznie stosując czujnik elektroniczny. Porównywanie wyników pomiarów ułatwia fakt, że dotyczą one części maszyn typu wałek i wobec tego mają one podobne cechy metrologiczne;

- zbliżone tolerancje, tj. klasa dokładności od 5 do 8 wg PN-EN 20286-2,
- zastosowanie podobnych narzędzi pomiarowych,
- podobne klasy chropowatości, tj. R_a od 0,63 do 2,5 μm .

2. Schemat ideowy bicia promieniowego (poprzecznego)



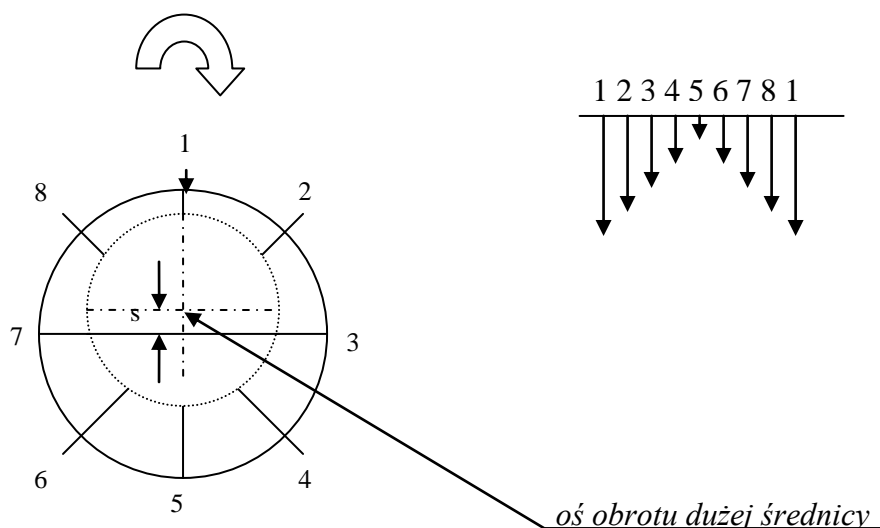
Rys. 27. Przesunięcie wzajemne s osi czopów 1 i 2 czyli bicie promieniowe.

1 – oś geometryczna czopu 1 i zarazem oś obrotu całego wałka, 2 – oś geometryczna czopu 2, 3 – nakiełki
 $r1$ – krótszy promień obrotu czopu 2, $r2$ – dłuższy promień obrotu czopu 2

Rysunek nr 26 przedstawia wałek zamocowany w kłach. W wałku tym średnice obu czopów są względem siebie przesunięte o wartość s . Taka sytuacja powoduje, że w miarę obrotu wałka, końcówka pomiarowa czujnika, osadzona na większej średnicy, będzie się przesuwała, najpierw w górę od punktu 1 do punktu 5, a następnie z powrotem do punktu 1, wg rys. 28b. Powodem jest to, że promień r_2 jest dłuższy od r_1 o przesunięcie s . W trakcie obrotu wałka większa średnica unosi się i opada, ruchem mimośrodowym. Takie zachowanie nazywamy biciem osiowym.

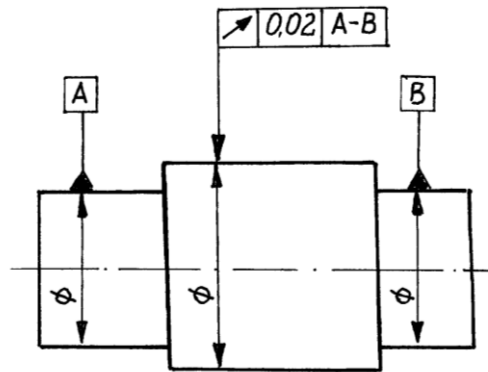
a)

b)



Rys. 28 Przebieg pomiaru bicia średnicy nr 2 wałka

Wartości bicia są znormalizowane i opisane w normie PN-80/M-02138 „Tolerancje kształtu i położenia. Wartości.” Natomiast oznaczenia rysunkowe podaje norma PN-87/M-01145 „Rysunek techniczny maszynowy. Tolerancje kształtu i położenia. Oznaczenie na rysunkach.” Norma PN-78/M-02137 „Tolerancje kształtu i położenia. Nazwy i określenia.” definiuje najważniejsze pojęcia w tym zakresie. Przykładowe oznaczenie bicia promieniowego przedstawia rysunek nr 29.

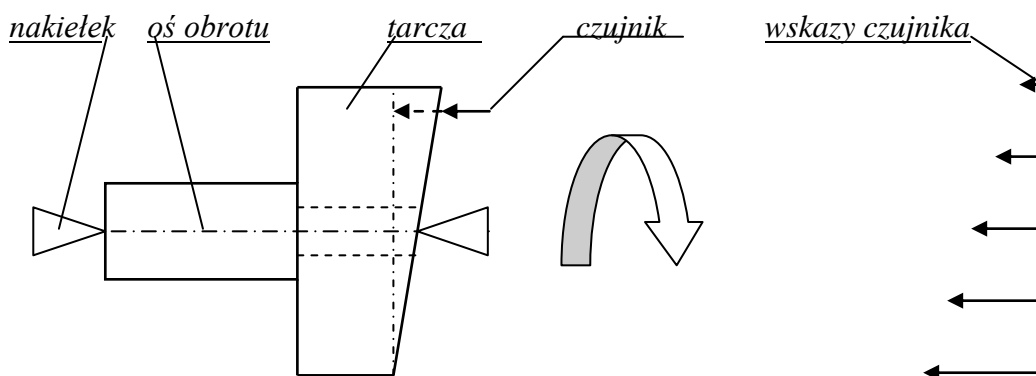


Rys. 29. przykład oznaczenia bicia promieniowego

Na rysunku nr 29 przedstawiono wartość dopuszczalnego bicia promieniowego środkowego czopa wału względem średnic *A* i *B*.

3. Schemat ideowy bicia osiowego (wzdłużnego lub czołowego)

Mechanizm pomiaru bicia osiowego jest podobny do pomiaru bicia promieniowego. Różnica polega na tym, że czujnik oparty jest prostopadłe do czoła badanej powierzchni.

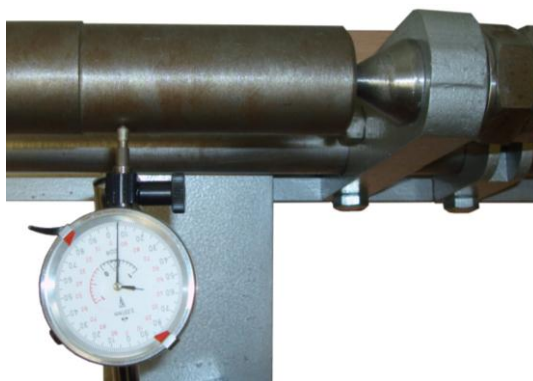


Rys. 30. Przebieg pomiaru bicia osiowego tarczy

Wychylenia czujnika przebiegają podobnie jak przy biciu promieniowym, tzn. po pełnym obrocie tarczy wychylenie wraca do wskazu początkowego.

4. Przedmiot mierzony

Wałek stopniowany z nakielkami. Nakielki muszą być czyste i nie uszkodzone, a szczególnie ich część stożkowa. Również powierzchnia wałka musi być wolna od zanieczyszczeń. Wyjątek stanowi lekka, dobrze związana z wałkiem rdza, która stanowi dla niego jednolitą całość i nie będzie później usuwana.



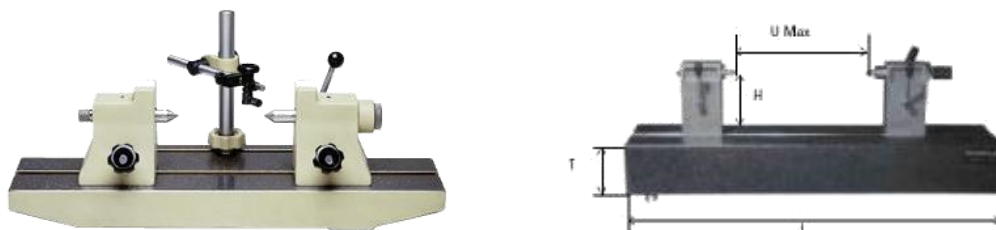
Rys. 31. Wałek osadzony w przyrządzie kłowym, z czujnikiem zegarowym

5. Zastosowane przyrządy

- przyrząd kłowy,
- czujnik zegarowy MDAA wg PN-68/M-53260 i Dz. U. M. i P. nr 11/96,
- podstawa do czujnika wg PN-64/M-53261,
- kątownik 90° stalowy MKSg wg PN-86/M-53160 i Dz. U. M i P. nr 23/95 i 27/95,
- liniał krawędziowy MLWa wg PN-74/M-53180 i Dz. U. M i P. 27/96,

5.1 Przyrząd kłowy

Przyrząd kłowy służy do obracania wokół własnej osi, zamocowanego przedmiotu z nakiełkami, najczęściej jest to wałek. Przeważnie jest też wyposażony w suport pozwalający na ruch czujnika wzdłuż przyrządu pomiarowego. Jest to więc miniatura tokarki bez napędu i imaka nożowego. Często są nim stare tokarki po remoncie łoża i suportu wzdłużnego oraz poprzecznego. Obrót wokół własnej osi pozwala na uchwycenie na czujniku wszelkich odchyłek od kołowości badanego walca. Po przyłożeniu czujnika do powierzchni czołowej można zmierzyć odchyłki od płaskości, czyli bicie osiowe (czołowe). Podstawowymi parametrami przyrządu kłowego są: prześwit H , oraz rozstaw kłów U . Prześwit decyduje o średnicy zamocowanych przedmiotów ($2H_{max}$), a rozstaw o długości maksymalnej badanego przedmiotu.



Rys. 32. Przyrząd kłowy f-my Mitutoyo

Przyrząd kłowy sprawdzamy na współosiowość kłów za pomocą walca wzorcarskiego i czujnika zębatego, dokonując przesuwu wzdłużnego przez całą długość. Brak wychylenia czujnika wskazuje na dobrą współosiowość kłów.

5.2 Czujnik zegarowy z podstawką

Czujnik zegarowy służy do przetwarzania ruchu wzdłużnego trzpienia pomiarowego poprzez układ przekładni zębatych na wychylenie wskazówki, rysunek nr 33. Pozwala to na określenie z dokładnością 0,01 lub 0,001 mm wartości tego wychylenia. Pomiar czujnikiem ma charakter dynamiczny, tzn. powierzchnia badana musi przesuwać się pod trzpieniem, lub przedmiot badany zamieniany z innym, wzorcem (pomiar odniesieniowy).



Rys. 33. Czujnik zębaty zegarowy i elektroniczny

Sam czujnik nie nadaje się do wykonania pomiarów. Musi być zamocowany i unieruchomiony, np. w specjalnym uchwycie, rysunki nr 34 i 35.

Sprawdzenie czujnika dokonujemy na płycie pomiarowej, podkładając kolejno płytki wzorcowe długości, tak aby zbadać wskaźki w minimum trzech miejscach. Zdejmując kolejno płytki zbadamy wartość histerezy. Czujnik jest oczywiście zamocowany na podstawie.



Rys.34. Podstawka magnetyczna do czujnika

Najlepiej nadaje się do tego podstawka z magnesem. Magnes umożliwia szybkie i pewne zamocowanie w dowolnym miejscu i położeniu, oczywiście w przypadku urządzeń ferromagnetycznych.

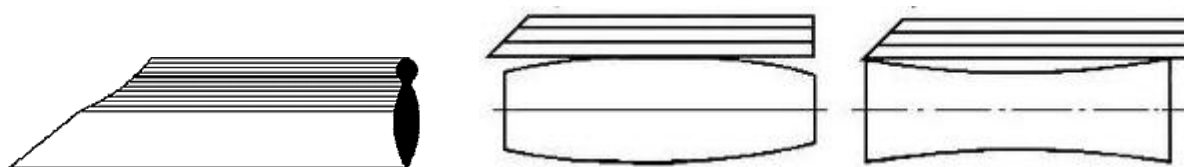


Rys. 35. Czujnik zamocowany w uchwycie podstawki

Jednocześnie ramiona podstawki umożliwiają zmianę położenia czujnika w trzech osiach wraz obrotem.

5.3 Liniał krawędziowy

Liniał krawędziowy bardzo dobrze nadaje się do oceny błędów prostoliniowości i płaskości, gdyż każda odchyłka jest dobrze widoczna w postaci szczeliny świetlnej, rysunek nr 8.



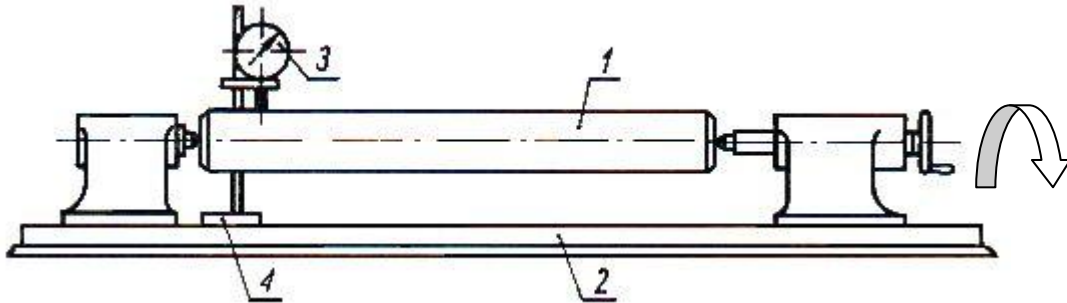
Rys. 36 Liniał krawędziowy i sprawdzanie walcowości

Liniał należy przykładać dokładnie wzdłuż osi wałka, gdyż odchyłka ta może być pomyłona z błędem wykonania badanego przedmiotu.

Liniał sprawdzamy przez przyłożenie do innego liniału, najlepiej klasy wyższej

6. Sposób pomiaru bicia promieniowego (poprzecznego)

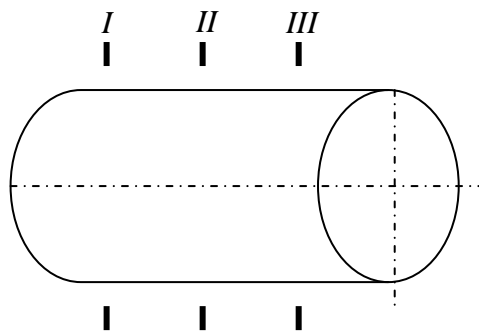
Pomiar bicia promieniowego polega na obrocie wałka wokół własnej osi z jednoczesnym przesuwaniem się po jego powierzchni trzpienia pomiarowego czujnika, rysunek nr 37. Wszelkie odchylenia długości promienia wałka są przekazywane przez trzpień na mechanizm czujnika, gdzie są wzmacniane i prezentowane na tarczy z dokładnością 0,01 lub 0,001 mm.



Rys. 37. Pomiar bicia wałka na przyrządzie kłowym:

1 – badany wałek; 2 – przyrząd kłowy; 3 – czujnik zegarowy; 4 – podstawa czujnika

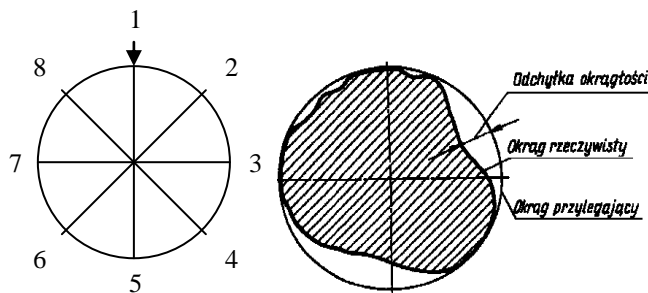
Trzpień przekazuje dokładnie odchyłki (bicie), pod warunkiem że powierzchnia wałka jest dostatecznie gładka, tzn. $R_a \leq 1,25$. W szczególności są niedopuszczalne rysy, wgnioty, korozja, farba itp. Pomiar należy wykonać w paru miejscach na długości czopa, im jest dłuższy tym więcej pomiarów, rysunek nr 38.



Rys. 38. Pomiar bicia powierzchni wałka. I, II, III minimum trzy miejsca pomiarowe

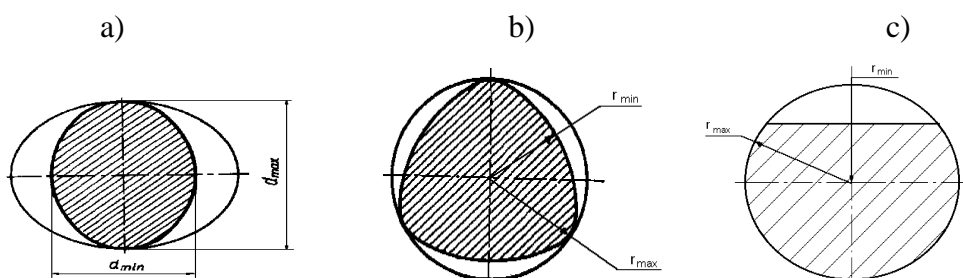
7. Błędy kształtu przekroju kołowego wykrywane w przyrządzie kłowym za pomocą czujnika

Pełny obrót wałka wokół własnej osi, rysunek nr 28 pozwala nie tylko na wykrycie przesunięcia osi badanego czopu względem osi obrotu ale również na prześledzenie zmian promienia wynikających z błędów kształtu. Zaznaczając punkt pomiarowy wyjściowy I i odczytując wartość wskazań na czujniku co, np. 45° można narysować plan przebiegu zmian promienia wg rysunek nr 39.



Rys. 39. Miejsca odczytu wskazań czujnika i przykładowy zarys odchyłek okrągłości

W ten sposób oprócz pomiaru bicia promieniowego zostaną wykryte również inne odchyłki kształtu okrągłego. Będą to:



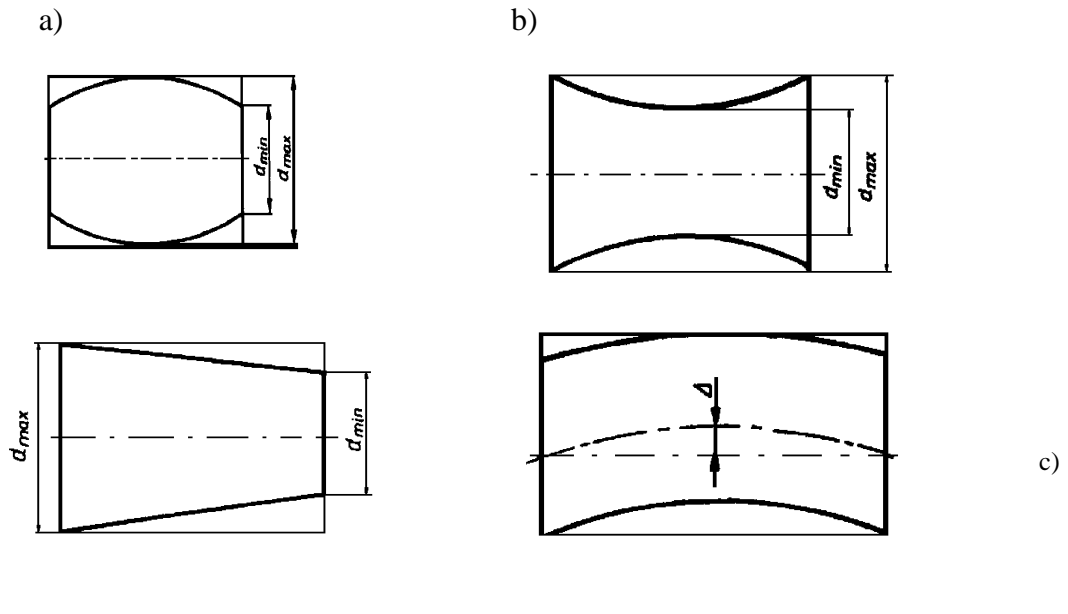
Rys. 40. Standardowe odchyłki okrągłości:

a) owal; b) graniastość; c) spłaszczenie

Błędy kształtu będą się oczywiście nakładały na odchyłkę bicia i dla tego pewnym problemem jest interpretacja uzyskanych wyników.

8. Błędy kształtu przekroju walcowego wykrywane w przyrządzie kłowym za pomocą czujnika

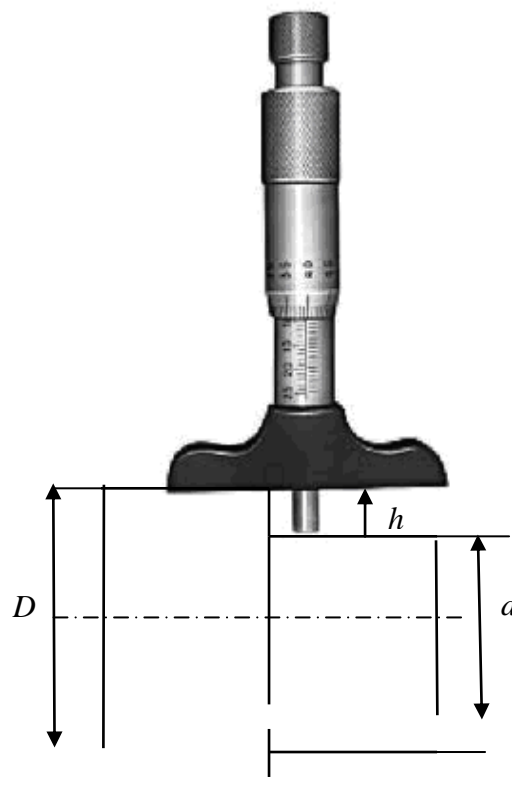
Jeżeli dokonamy przesuwu czujnika wzdłuż walca, ale bez jego obrotu to czujnik wykaże odchyłki od kształtu walcowego: baryłkowość, siodłowość, stożkowość, wygięcie. Podobny efekt można uzyskać przez zagęszczone pomiary geometryczne. Jest to jednak zajęcie bardziej czasochłonne i mniej dokładne. Pomiar czujnikiem może ustalić bardzo dokładny przebieg odchyłki.



Rys. 41/ Typowe odchyłki od walcowości:
 a) baryłkowość; b) siodłowość; c) stożkowość; d) wygięcie

9. Weryfikacja wyników pomiarów bicia promieniowego uzyskanych w przyrządzie kłowym, za pomocą głębokościomierza mikrometrycznego

Bicie promieniowe można zmierzyć orientacyjnie również za pomocą pomiarów warsztatowych, wykorzystując głębokościomierz mikrometryczny, wg rysunku nr 42.

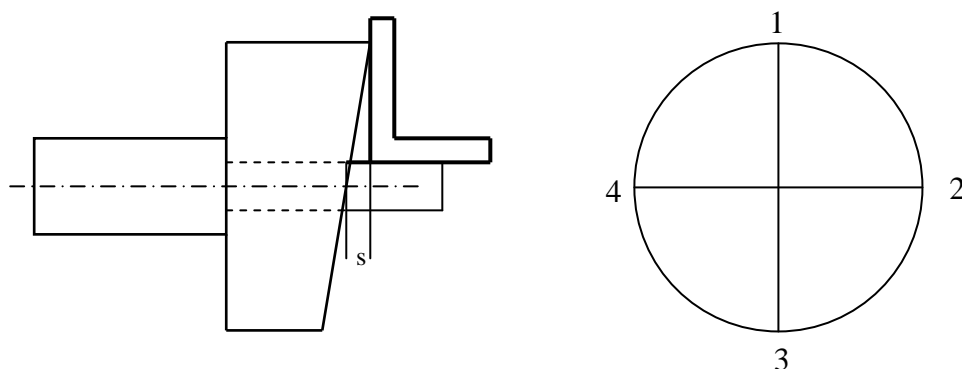


Rys. 42. Pomiar różnicy h położenia średnic czopów głębokościomierzem mikrometrycznym

Pomiar ten informuje nas o przesunięciu wzajemnym obu czopów, co jest równoznaczne z biciem. Nie można jednak stwierdzić która średnica jest w osi nakielków, a która bije.

10. Weryfikacja wyników pomiarów bicia osiowego uzyskanych w przyrządzie kłowym, za pomocą kątownika

Bicie osiowe wynika z nieprostokątności powierzchni tarczy względem osi obrotu, rysunku nr 30. Wobec tego można je zweryfikować za pomocą kątownika, rysunku nr 43.



Rys. 43. Weryfikacja bicia osiowego tarczy za pomocą kątownika

Pomiar ten jest możliwy pod warunkiem, że mamy bazę w postaci wystającego czopa na którym jest osadzona tarcza. Dodatkowo można zmierzyć szerokość szczeliny s , np. za pomocą szczelinomierza, co pozwoli na ocenę ilościową bicia osiowego.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 4

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

Temat: Pomiar wymiarów złożonych. Pomiar bicia

Pomiar bicia wałka.

Ćwiczenie odbyto dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
-----------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

1. Manualne opanowanie czujnika zegarowego, podstawki magnetycznej, liniału krawędziowego kątownika powierzchniowego.
2. Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych narzędzi pomiarowych.
3. Przygotowanie wałka do pomiarów.
4. Dokumentowanie wyników pomiarów:
 - szkic wałka wraz z wymiarowaniem wg PN-87/M-01145 „Rysunek techniczny maszynowy. Tolerancje kształtu i położenia. Oznaczenie na rysunkach.”,
 - ustalenie klasy bicia wg normy PN-80/M-02138 „Tolerancje kształtu i położenia. Wartości.”.
5. Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe:

- błędy kołowości i walcowości,
- bicie osiowe i promieniowe,

Zadania dodatkowe:

- typowe przyczyny powstawania błędów kształtu i położenia,
- chropowatość i falistość.

III. Literatura

Literatura podstawowa:

1. PN-87/M-01145 „Rysunek techniczny maszynowy. Tolerancje kształtu i położenia. Oznaczenie na rysunkach.”.
2. PN-78/M-02137 „Tolerancje kształtu i położenia. Nazwy i określenia.”.
3. Norma PN-80/M-02138 „Tolerancje kształtu i położenia. Wartości.”.
4. Norma PN-86/M-53160 „Narzędzia pomiarowe. Kątowniki 90° stalowe.”.
5. Norma PN-74/M-53180 „Narzędzia pomiarowe. Liniały krawędziowe i powierzchniowe.”.

6. Norma PN-68/M-53260 „Warsztatowe środki pomiarowe. Czujniki zębate zegarowe.”.

Literatura dodatkowa:

1. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 27/95.
2. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 11/96.

IV. Sprawdzanie narzędzi pomiarowych

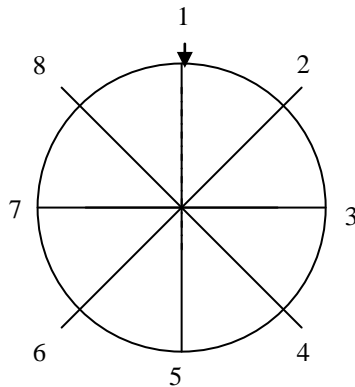
1. Czujnik zegarowy MDAA z podstawką MDZb
 - zakres pomiarowy
 - dokładność wskazań
 - dopuszczalne błędy wskazań wg PN-68/M-53260
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe
 - podstawkę sprawdzamy na pewność zamocowania w różnych konfiguracjach
2. Linią krawędziowy MLWa wg PN-74/M-53180
 - wymiary $L \times l$
 - tolerancja prostoliniowości krawędzi roboczych T_v wg PN-74/M-53180
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe
3. Głębokościomierz mikrometryczny MMSe wg PN-80/M-53202
 - zakres pomiarowy
 - dokładność wskazań
 - dopuszczalne błędy wskazań wg PN-80/m-53130
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe

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

V. Szkic walka

VI. Pomiar bicia wałka

1. Wymiary gabarytowe [mm], $D \times d \times L$, pomiar suwmiarką
2. Pomiar bicia promieniowego głębokościomierzem mikrometrycznym.....

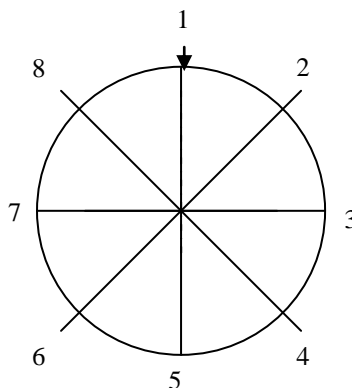


Wartości zmierzone:

1....., 2....., 3....., 4....., 5....., 6....., 7....., 8.....

1. Pomiar bicia promieniowego czujnikiem zębatym na przyrządzie kłowym:

- zaznaczyć punkt wyjściowy flamastrem,
- dostawić trzpień pomiarowy czujnika prostopadle do osi wałka,
- wyzerować wskaz czujnika,
- pomiar bicia poprzez obrót wałka o 360° ,
- zapisać odchyłki ze znakiem + lub – na schemacie

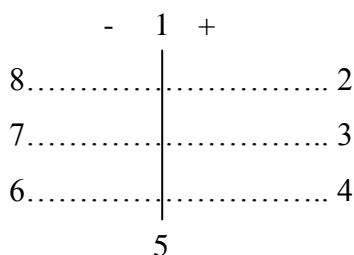


2. Ocena klasy dokładności wg PN-80/M-02138.....

3. Pomiar bicia osiowego:

- zaznaczyć punkt wyjściowy flamastrem,
- dostawić trzpień pomiarowy czujnika prostopadle do badanej płaszczyzny,
- wyzerować wskaz czujnika,

- pomiar bicia poprzez obrót wałka o 360° , ($8 \times 45^\circ$)
- zapisać odchyłki ze znakiem + lub - na schemacie.



6. Ocena klasy dokładności wg PN-80/M-02138.....
7. Weryfikacja bicia osiowego kątownikiem i szczelinomierzem.....
8. Wnioski.....
.....
.....
.....
.....

V. Wprowadzenie do Laboratorium nr 5

Pomiary kątów i zbieżności stożków

Cel laboratorium

Celem zajęć jest zapoznanie się z problematyką pomiarów kątów i zbieżności. Dotyczy to części maszyn typu stożek, a także ich odchyłek od prostoliniowości i prostopadłości. Prostoliniowość i prostopadłość są głównymi cechami kątowymi wszystkich części maszyn.

Stożki występują najczęściej parami złącznymi jak np. tuleja stożkowa i łożysko z otworem stożkowym. Tak, więc mamy do czynienia z wałkiem i otworem jednocześnie. Dokładne ich skojarzenie jest warunkiem poprawnej pracy. Stożki i walce posiadają wiele cech wspólnych jak:

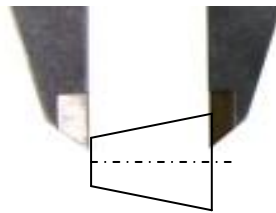
- zbliżone tolerancje, tj. klasa dokładności od 5 do 8 wg PN-83/M-02122,
- takie same zasady pasowania,
- podobne klasy chropowatości, tj. R_a od 0,63 do 2,5 μm .

W związku z tym, pomiary liniowe ww. części maszyn dokonujemy tym samym sprzętem.

I. Techniki warsztatowe pomiaru stożka zewnętrznego

1. Pomiary liniowe

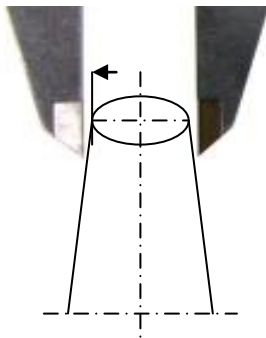
Pomiary liniowe wykonujemy suwmiarką lub mikrometrem. Długość stożka wyznaczają powierzchnie czołowe, które z reguły są równoległe. Z tego powodu pomiar niczym nie różni się od pomiaru wałka walcowego, rysunek nr 43. Gdy powierzchnie czołowe stożka nie są równoległe, lub z innych powodów nie mogą stanowić bazy pomiarowej to długość należy wyznaczyć metodami pośrednimi.



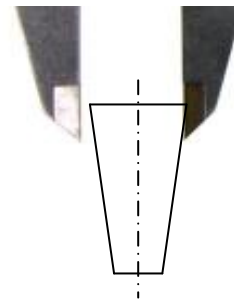
Rys. 44. Pomiar długości stożka

W pomiarze mniejszej średnicy zawsze powstaje szczelina s . Można ją zminimalizować, ale nie do zera. Stąd jedynie pewnym jest pomiar średnicy większej, rysunek nr 44b.

a) szczelina s



b)



Rys. 45. Pomiar średnicy stożka

Do podstawowych pomiarów stożka należy zaliczyć też ocenę prostoliniowości tworzącej wykonywaną za pomocą liniału krawędziowego. Ważnym może być też ocena równoległości podstaw. Wykonujemy ją za pomocą dwóch kątowników powierzchniowych.

Podstawy wzajemnie równoległe nie muszą być prostopadłe do osi głównej stożka. Ocenę tego parametru można wykonać przez pomiar kątów w kilku miejscach na obwodzie.

2. Pomiar kątomierzem

Pomiar kątomierzem dotyczy kątów tworzących stożka. Między średnicą większą i tworzącą występuje kąt ostry, a z drugiej strony rozwarty. Oznacza to, że odczyt bezpośredni z podziałki kątomierza można uzyskać tylko w pierwszym przypadku. Kąt rozwarty jest różnicą między 180° a odczytem z podziałki.

Pomiary stożka kątomierzem są trudne. Wymagają przede wszystkim dokładnego przylegania i prostokątności obu liniałów do mierzonych powierzchni wg rys. 45 oraz starannego odczytu wskazów. Minuty kątowe należy odczytywać z właściwej części noniusza, tj. po stronie wartości narastających.



Rys. 46. Prawidłowy pomiar kątomierzem kąta stożka

Wskazaniem jest, aby przedmiot mierzony miał ściętą krawędź, tak jak na powyższym rysunku. Pozwoli to na dokładniejsze dociśnięcie obu ramion kątomierza do badanego kąta. Aby liniał dolegał wzdłuż tworzącej koniecznym jest prostopadłe ułożenie podstawy kątomierza względem powierzchni czołowej, rysunek nr 45.

Zukosowanie liniału na powierzchni mierzonej skutkuje zaniżeniem wartości mierzonego kąta, rysunek nr 46.



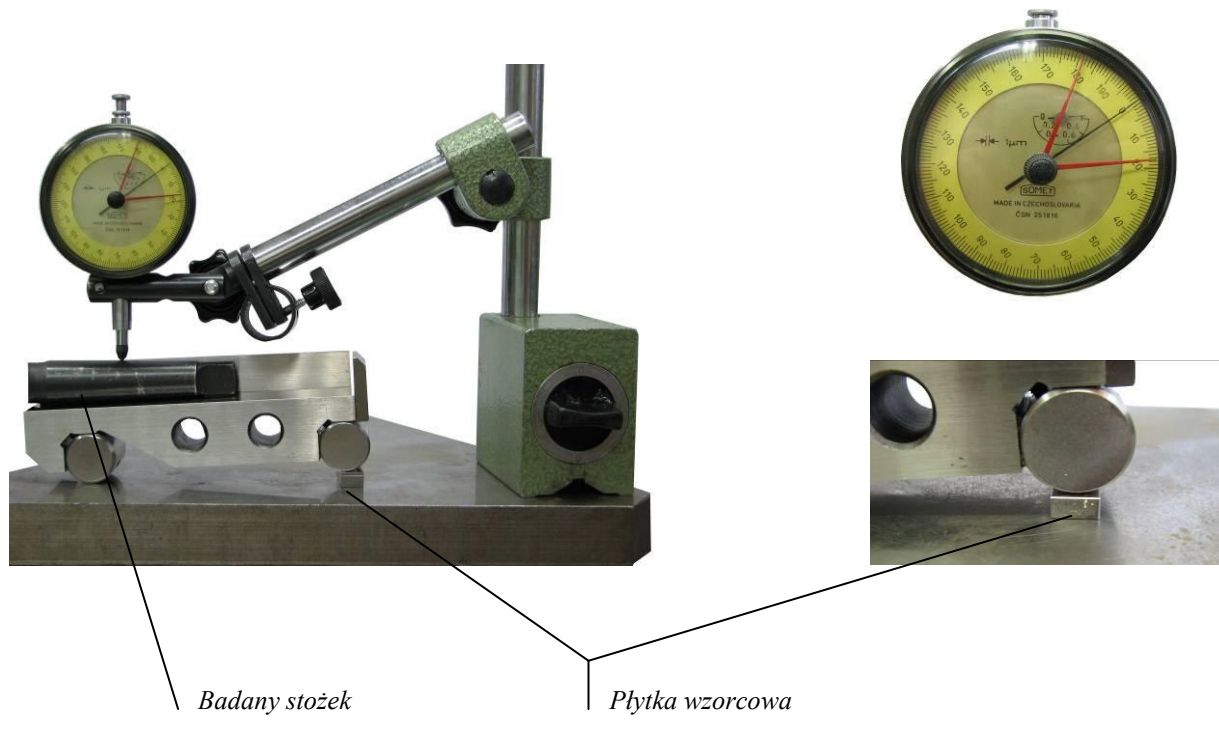
Rys. 47. Zukosowanie liniału kątomierza na stożku

Zagadnienie to dotyczy tym bardziej drugiej strony stożka, gdzie występuje kąt ostry, często mniej widoczny.

3. Pomiar stożka na liniale sinusowym

Liniał sinusowy jest rzadko stosowany w warsztacie, jednak w pewnych okolicznościach, zwłaszcza w produkcji masowej może być przydatny. Służy on do dokładnych pomiarów kątów (zbieżności lub pochyłeń) małych przedmiotów o długości do ok. 200 mm i szerokości do ok. 40 mm. Dokładność pomiarów zależy od klasy osprzętu dodatkowego: płyty pomiarowej, płytek wzorcowych długości i czujnika zegarowego oraz rozwartości mierzonego kąta i wynosi 5" do 13" (sekund kątowych). Skomplikowany układ pomiarowy sprawia, że liniał najbardziej nadaje się do sprawdzania z góry znanego kąta.

Pomiar polega na takim dobraniu stosu płytek wzorcowych długości, aby w rezultacie powierzchnia zewnętrzna badanego stożka była równoległa do płyty podstawy, rysunek nr 47.



Rys. 48. Pomiar kąta stożka na liniale sinusowym. Wskaz czujnika zero. Zakres pomiarowy ustawiony na tarczy czujnika [-0,19 do +0,18 mm] tzw. nastawy dopuszczalnych wartości odchyłek

Liniał sinusowy posiada dokładnie określony rozstaw wałeczków podporowych, $l = 100 \text{ mm}$ lub $l = 200 \text{ mm}$, co stanowi przeciwprostokątną trójkąta. Wysokość stosu płytek wzorcowych h wyznacza krótszy bok trójkąta prostokątnego. Kąt oblicza się ze wzoru:

$$\sin \alpha = h/l, \text{ a wartość kąta z funkcji trygonometrycznych.}$$

W pomiarach rzeczywistej wartości kąta trzeba cierpliwie dobierać stos płytek wzorcowych, aż do zyskania zerowych wychyleń czujnika wg rysunku nr 47. Zerowe wychylenia realizowane są na długości płytki wzorcowej, o którą opiera się stożek na początku pomiaru. Po wyjęciu płytki dokonujemy przesuwu stożka do powierzchni опорowej liniału, obserwując wskaźniki czujnika. Natomiast przy ocenie odchylenia liniowego od wartości nominalnej (założonej) należy dokładnie obliczyć właściwy stos płytek wzorcowych i taki podłożyć pod wałeczek liniału. Następnie w jednym, ściśle określonym miejscu dokonujemy odczytu wskazań czujnika zegarowego.

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

4. Narzędzia stosowane w pomiarze na liniale sinusowym

4.1. Liniał sinusowy

4.1.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Przedmiotem oceny jest liniał sinusowy typu MKNh wg PN-79/M-53354 „Narzędzia pomiarowe. Liniały sinusowe.” Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo, najlepiej zgodnie z instrukcją ujętą w Dzienniku Urzędowym Miar i Probiernictwa nr 5/97 poz.19. i obejmuje:

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

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

4.1.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

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

4.1.3. Ocena powierzchni pomiarowych

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

4.1.4. Ocena stopnia namagnesowania

Sprawdzanie namagnesowania należy wykonać poprzez posypanie suchymi opiłkami stalowymi. Oczywiście, mimo odmagnesowania, przed pomiarami należy go starannie oczyścić.

4.1.5. Sprawdzanie funkcjonowania układu pomiarowego liniału

W tym celu należy zestawić na płycie pomiarowej liniał i czujnik zegarowy o dokładności wskazań 0,001 mm z podstawką, a następnie wykonać przesunięcie wzajemnie wzdłużne wg rysunku nr 48.



Rys. 49 Sprawdzanie liniału sinusowego. Wskaz zero

Zakres pomiarowy czujnika ustawiony czerwonymi kresami na -0,50 i +0,17.

4.2. Najczęściej spotykane błędy w pomiarach liniałem sinusowym

4.2.1. Stan powierzchni liniału i przedmiotu mierzonego

Biorąc pod uwagę dokładność, jaką można uzyskać przy pomocy liniału sinusowego stwierdzić trzeba, że jakiegokolwiek uszkodzenia lub zabrudzenia powierzchni rzutują negatywnie na wynik pomiaru, a dokładność wykonania przedmiotu badanego to maksymalnie 6 klasa, przy chropowatości R_a 1,25 μm . Mniej dokładne przedmioty po prostu nie ma sensu mierzyć na liniale sinusowym.

4.2.2. Klasa dokładności oprzyrządowania

Zbyt niska klasa zastosowanego oprzyrządowania: płyta pomiarowa, płytki wzorcowe

i czujnik zegarowy, obniża dokładność uzyskanych wyników. Duże, negatywne znaczenie ma również wadliwie działająca podstawka czujnika.

4.2.3. Ułożenie przedmiotu na liniale

Niedokładne ułożenie przedmiotu mierzonego, a zwłaszcza stożków może być powodem grubych błędów

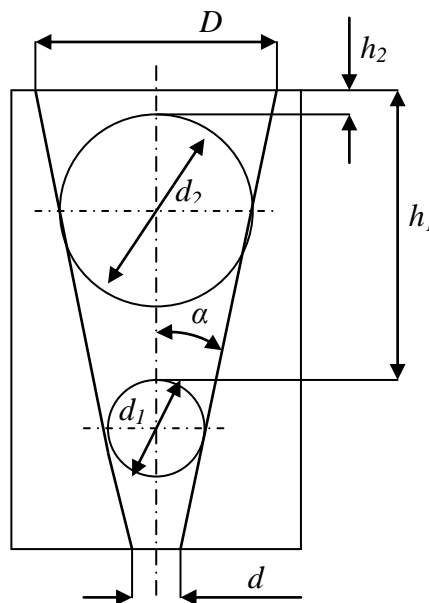
4.3. Prawidłowo przeprowadzony pomiar na liniale sinusowym

Liniał sinusowy ma szczególne zastosowanie do produkcji masowej. Wtedy liniał, płyta pomiarowa, płytki wzorcowe, czujnik i jego podstawka ustawione są dla nominalnej wartości kąta, a przesuw czujnika służy do określenia odchyłki liniowej badanego kąta.

Dla prawidłowo przeprowadzonego pomiaru należy przede wszystkim unikać błędów wymienionych w pkt. 4.2. Przedmiot badany, a zwłaszcza stożek powinien mieć stałe położenie na liniale tzn. dokładnie opierać się o powierzchnie pomiarowe. Przesuw przedmiotu badanego najlepiej realizować o ściśle ustaloną, stałą wartość, realizowaną za pomocą płytki wzorcowej.

5. Pomiar kąta wewnętrznego kulkami wzorcowymi

Pomiar kąta wewnętrznego kątomierzem stwarza mniej problemów, gdyż łatwiej zapewnić właściwe położenie liniału wzdłuż tworzącej. Natomiast pomiary liniowe są nieco trudniejsze, zwłaszcza w stożkach o małej średnicy. Łatwy jest tylko pomiar małej średnicy, np. mikrometrem wewnętrznym. Dużą średnicę należy obliczyć z zależności geometrycznych. W tym celu należy wykonać pomiary za pomocą dwóch kalibrowanych kul, rysunek nr 49.



Rys. 50. Zasada pomiaru stożka wewnętrznego za pomocą dwóch kulek

Wartość kąta tworzącej stożka wewnętrznego oblicza się ze wzoru:

$$\sin \alpha = \frac{d_2 - d_1}{2(h_1 - h_2) - (d_2 - d_1)}$$

Średnice stożka na poziomie środków kulek wynoszą:

$$d_a = \frac{d_1}{\cos \alpha} \quad d_b = \frac{d_2}{\cos \alpha}$$

Ponieważ mniejszą średnicę otworu stożkowego można łatwo zmierzyć, to znając kąt α większą średnicę wyliczymy ze wzoru:

$$D = d + h \operatorname{tg} \alpha$$

Do zrealizowania tego pomiaru potrzebny jest też głębokościomierz mikrometryczny

6. Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych

6.1 Kątomierz uniwersalny

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, gdyż jego podziałka jest mocno zagęszczona.

Ocenę błędów wskazań kątomierza wykonujemy za pomocą płytek kątowych klasy 2 wg PN-81/M-53108 „Narzędzia pomiarowe. Płytki kątowe.”. Zaciskamy je między liniałami, bez szczeliny i odczytujemy wskazania na tarczy kątovej z noniuszem. Wyniki odnosimy do wymagań normy.

Uwaga: jak najczęściej należy sprawdzać kąt 90° na kątowniku powierzchniowym.

6.2 Kątowniki ramienne

Kątowniki odwzorowują kąt 90° , tak po stronie zewnętrznej jak i wewnętrznej. Sprawdzanie uproszczone kątowników przeprowadzamy za pomocą dwóch kątowników ramiennych. Przykładamy je do siebie na przemian wg rys. 50, badając raz kąt zewnętrzny a następnie wewnętrzny. Brak szczeliny świetlnej wskazuje, że oba są poprawne gdyż prawdopodobieństwo, że odkształciły się w identyczny sposób jest znikome. Gdyby pojawiła się szczelina świetlna to, aby ocenić, który z nich jest nieprawidłowy należy podobny zabieg

powtórzyć z trzecim kątownikiem i przez porównanie z nim, wyeliminować wadliwy. Jest to sposób najprostszy a jednocześnie zazwyczaj wystarczająco pewny. Należy stosować go jak najczęściej.



Rys. 51. Sprawdzanie kątowników krawędziowych przez porównanie wzajemne

6.3 Płytki kątowe

Najpopularniejszymi są płytki kątowe Johanssona MLAk wg PN-81/M-53108 „Narzędzia pomiarowe. Płytki kątowe”. Służą one do odtwarzania i pomiaru kątów w zakresie od 0° do 360° , stopniowane, co $1'$ lub, co $5'$ 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. Głównie stanowią wzorzec do sprawdzania innych przyrządów pomiarowych.

6.4 Płytki wzorcowe długości

Płytki wzorcowe MLAb wg normy 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. W ćwiczeniu mają zastosowanie do pomiaru kąta stożka na liniale sinusowym.

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo wg instrukcji zawartej w Dzienniku Urzędowym Miar i Probiernictwa nr 30/95 poz. 162 i powinno być wykonane w Urzędzie Miar poświadczony świadectwem.

W praktyce warsztatowej 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.

Przywieralność jest łatwą do stwierdzenia cechą płytek wzorcowych. Sprawdzenie polega na nasunięciu dwóch płytek na siebie z jednoczesnym naciskiem, rysunek nr 51. 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.



Rys. 52. Składanie płytek wzorcowych przez nasuwanie

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

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 5

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

Temat: Pomiary i sprawdzanie kątów i zbieżności

Pomiar stożka zewnętrznego

Ćwiczenie odbyto dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
-----------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

- Manualne opanowanie czujnika zegarowego.
- Umiejętność sprawdzania cech metrologicznych narzędzi pomiarowych.
- Przygotowanie stożka do pomiarów.
- Dokumentowanie wyników pomiarów:
- Szkic stożka wraz z wymiarowaniem,
- Ustalenie kierunków kątów.
- Umiejętność posługiwania się Polskimi Normami.

II. Zadania kontrolne

Zadania podstawowe:

- jednostki miar kąta,
- zbieżność i pochyłość,
- tolerancje kątów.

Zadania dodatkowe:

- typowe pochylenia, zbieżności i kąty w budowie maszyn,
- 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-68/M-53260 „Warsztatowe środki pomiarowe. Czujniki zębate zegarowe.”.
7. Norma PN-79/M-53354 „Narzędzia pomiarowe. Liniały sinusowe.”.
8. Norma PN-82/M-53358 „Narzędzia pomiarowe. Kątomierze uniwersalne.”.
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.
- 9.

IV. Sprawdzanie narzędzi pomiarowych

1. Płyta pomiarowa MLFa
 - wymiary powierzchni roboczej.....
 - tolerancja płaskości wg PN-ISO 8512-1.....
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe

2. Czujnik zegarowy MDAA z podstawką MDZb
 - zakres pomiarowy
 - dokładność wskazań
 - dopuszczalne błędy wskazań wg PN-68/M-53260
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe

3. Kątownik walcowy MKSm
 - wymiary $H \times d$
 - tolerancja T_v prostopadłości tworzących wg PN-86/M-53160
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe

4. Kątomierz uniwersalny MKMb.

- zakres pomiarowy
 - dopuszczalne błędy wg PN-82/M-53358
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe
5. Linią sinusowy MKNh.
- wymiary $L \times S$
 - błędy $\pm D$, a kątów odwzorowywanych wg PN-79/M-53354
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe
6. Płytki wzorcowe długości MLab.
- zakres pomiarowy
 - odchyłki graniczne t_e PN-EN ISO 3650
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe
9. Suwmiarka MAUd
- zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań
 - dopuszczalne błędy wskazań przyrządu wg PN-80/M-53130
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe
10. Głębokościomierz suwmiarkowy MAGa wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M. i P. nr 6/96.
- zakres pomiarowy
 - dokładność wskazań
 - dopuszczalne błędy wskazań wg PN-68/M-53260
 - sprawdzanie metrologiczne warsztatowe
- Uwaga:** dopuszczalny błąd wskazań oraz odchyłki graniczne odczytujemy z norm dla konkretnych wskazań narzędzia pomiarowego.

V. Szkic stożka z planem wymiarów

VI. Pomiar stożka zewnętrznego

1. Wymiary gabarytowe [mm], $D \times L$
2. Pomiar równoległości podstawy i wierzchołka dwoma kątownikami
3. Pomiar kąta $\frac{1}{2} \alpha$ zbieżności kątomierzem [°, ']
4. Pomiar zbieżności liniałem sinusowym, czujnikiem zegarowym i płytkami wzorcowymi długości:
 - długość liniału $L =$
 - wysokość stosu płytek $h =$ to:
 $\sin \alpha = h / L =$ to:
kąt $\alpha =$ °' =rad, zbieżność C : 1:
5. Mniejsza średnica stożka: $d = D - C L =$

VII. Analiza wyników pomiarów stożka, porównanie metod 3 i 4

.....
.....

VIII. Pomiar stożka wewnętrznego. Pomiar kąta wewnętrznego kulkami wzorcowymi

1. Szkic stożka z planem wymiarów:
2. Pomiar średnicy d stożka mikrometrem wewnętrznym:
 $d =$
3. Dobór kulek pomiarowych wg średnic stożka, pomiar transmetrem:
 $d_1 =$ $d_2 =$
4. Pomiar głębokościomierzem suwmiarkowym h_1 i h_2 :
 $h_1 =$, $h_2 =$

5. Obliczanie kąta stożka:

$$\sin \alpha = \frac{d_2 - d_1}{2(h_1 - h_2) - (d_2 - d_1)} \rightarrow \alpha =$$

kąt stożka $2\alpha = \dots\dots\dots$

zbieżność $C = 2tg2\alpha = \dots\dots\dots$

6. Większa średnica otworu stożka:

$$D = d + h 2tg \alpha = \dots\dots\dots$$

Uwzględniając błędy pomiarów kulek d_1 , d_2 i wysokości h_1 , h_2 uzyska się rozrzut wartości $\sin \alpha$ i wobec tego skrajne kąty stożka.

IX. Sprawdzanie stopnia dolegania (pokrycia) połączenia stożkowego metodą tuszowania

Opis:.....
.....
.....
.....

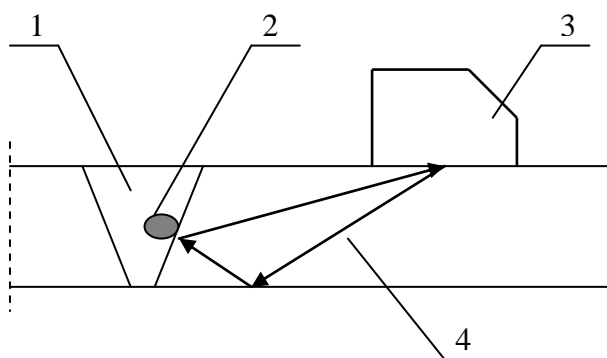
V. Wprowadzenie do laboratorium nr 6

Pomiary i badania nieniszczące konstrukcji spawanych

W zakresie badań nieniszczących w spawalnictwie mieszczą się wszystkie znane metody: rentgen, izotopy, magnetyczne i defektosolowe. Jednak najpopularniejsza jest metoda ultradźwiękowa. Dotyczy to badania spoin jak i grubości łączonych elementów.

Grubość łączonych elementów mierzy się grubościomierzami ultradźwiękowymi. Metoda jest szybka i pewna. Dodatkowo wykrywa się rozwarstwienie blach i rozległe ubytki materiału. Grubociomierze z reguły mają wbudowany wzorzec nastawczy, dzięki czemu są łatwe w obsłudze.

Do prześwietlania spoin defektoskop wymaga większej ilości głowic. Konieczne są głowice skośne 45° i 70° oraz szereg innych. Pozwalają one na penetrację spoiny z różnych stron, rysunek nr 52. Mankamentem metody ultradźwiękowej jest to, że ma trudności z prześwietlaniem cienkich blach, a granicą są 2 mm. Jednak tak cienkie elementy rzadko mają charakter poddozorowy.



Rys. 53. Zasada działania głowicy skośnej

Rysunek nr 53 przedstawia zasadę penetracji badanej przestrzeni spoiny 1 przez falę ultradźwiękową 4 emitowaną przez głowicę skośną 3. Możliwe jest podejście do wady 2 z góry jak i z dołu.

Do rur potrzebne są głowice profilowane, dostosowane do jej średnicy zewnętrznej. Badania ultradźwiękowe wymagają przygotowania powierzchni wokół spoiny, poprzez dokładne oczyszczenie z rozprysków i innych zanieczyszczeń.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 6

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie Instytut Techniczny	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 konstrukcji spawanej

Ćwiczenie odbyto 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 spawalnicze.
3. Wady odlewnicze.
4. Wady eksploatacyjne.

III. Literatura

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. 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.”.

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

IV. Przyrządy pomiarowo-badawcze

1. Grubościomierz ultradźwiękowy do powłok malarskich:

- zakres pomiarowy
- dokładność wskazań
- sprawdzanie metrologiczne

2. Grubościomierz ultradźwiękowy do metali:

- zakres pomiarowy
- dokładność wskazań
- sprawdzanie metrologiczne

3. Defektoskop ultradźwiękowy:

- prędkość generowanych fal
- zakres pomiarowy

4. Suwmiarka:

- zakres pomiarowy
- dokładność wskazań
- błąd wskazań

5. Mikrometr zewnętrzny 0-25

- zakres pomiarowy
- dokładność wskazań
- błąd wskazań

V. Skalowanie

1. Grubościomierz do powłok malarskich:

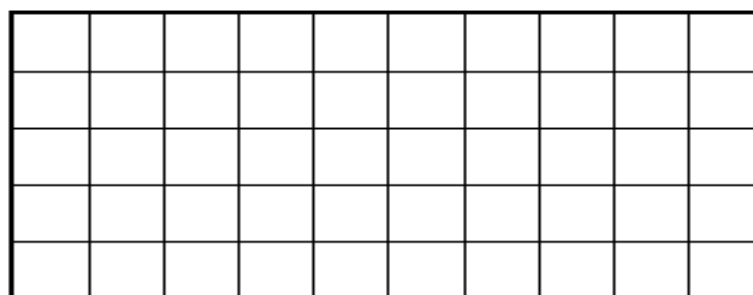
- pomiar wzorców: grubość blachy: $g = \dots\dots\dots$ grubość blachy pomalowanej: $g_p = \dots\dots\dots$
różnica: $g_p - g = \dots\dots\dots =$ grubość powłoki malarskiej.
- pomiar grubości powłoki malarskiej wzorcowej grubościomierzem $g_m \dots\dots\dots$

2. Grubościomierz do metali.

- przygotowanie powierzchni wzorca
- pomiar grubości wzorca grubościomierzem

3. Defektoskop ultradźwiękowy.

- dobór metody badania i rodzaju głowic:
- przygotowanie aparatury:
- skalowanie defektoskopu z głowicą normalną:
 - rodzaj wzorca
 - zakres pomiarowy
 - wzmocnienie

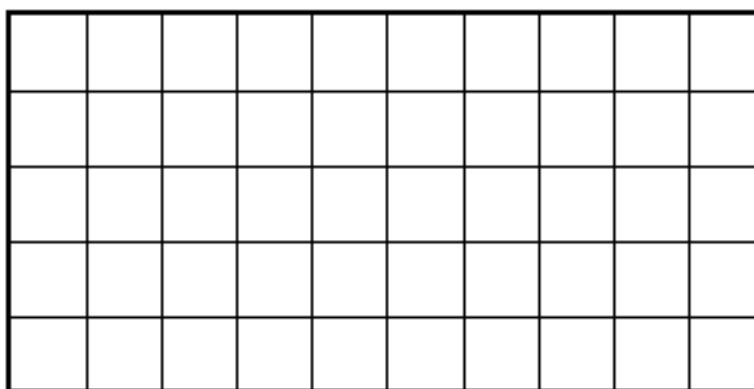


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Obraz oscyloskopowy wzorca dla głowicy normalnej.

– skalowanie defektoskopu z głowicą skośną:

- rodzaj głowicy.....
- rodzaj wzorca
- zakres pomiarowy
- wzmacnienie

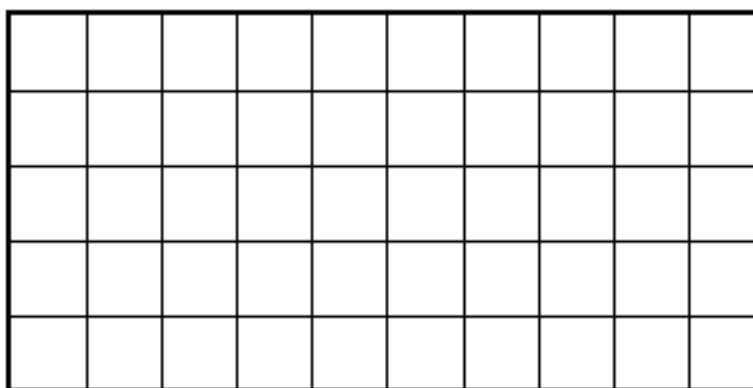


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Obraz oscyloskopowy dla głowicy skośnej.....

– skalowanie defektoskopu z głowicą skośną:

- rodzaj głowicy.....
- rodzaj wzorca
- zakres pomiarowy
- wzmacnienie



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Obraz oscyloskopowy dla głowicy skośnej.....

VI. Szkic przedmiotu badanego

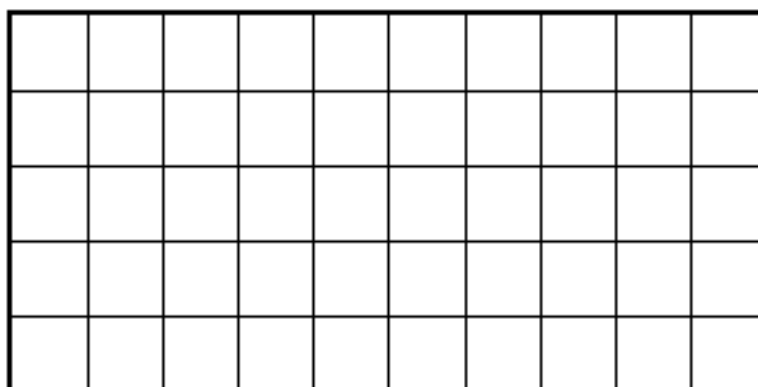
VII. Pomiary i badania

1. Badania ultradźwiękowe blachy:
 - pomiar grubości.....
 - wykryte wady i rozwarstwienia.....
2. Badania ultradźwiękowe spoiny;
 - głowica.....
 - obraz oscyloskopowy spoiny badanej głowicą skośną, strona lewa, górna.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Wyniki badań:

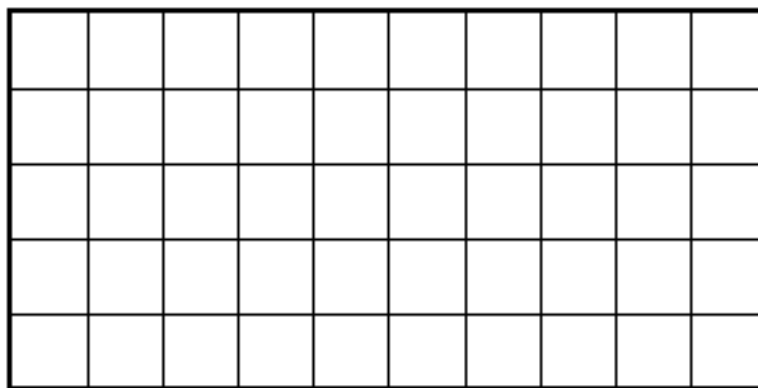
- obraz oscyloskopowy spoiny badanej głowicą skośną, strona prawa, górna.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Wyniki badań:

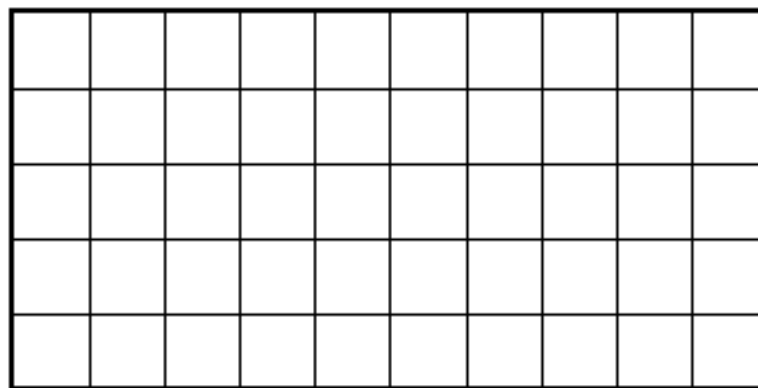
- obraz oscyloskopowy spoiny badanej głowicą skośną, strona prawa, dolna.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Wyniki badań:

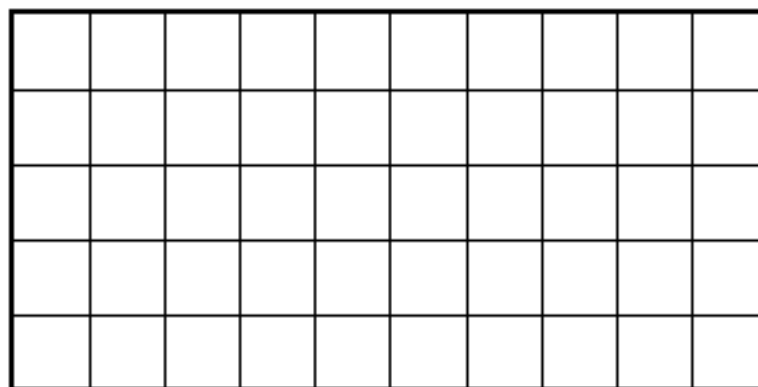
- obraz oscyloskopowy spoiny badanej głowicą skośną, strona lewa, dolna.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Wyniki badań:

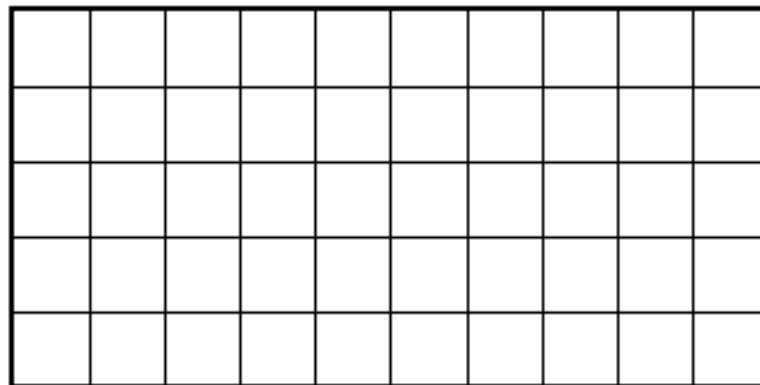
- obraz oscyloskopowy spoiny badanej głowicą skośną, strona lewa, dolna.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Wyniki badań:

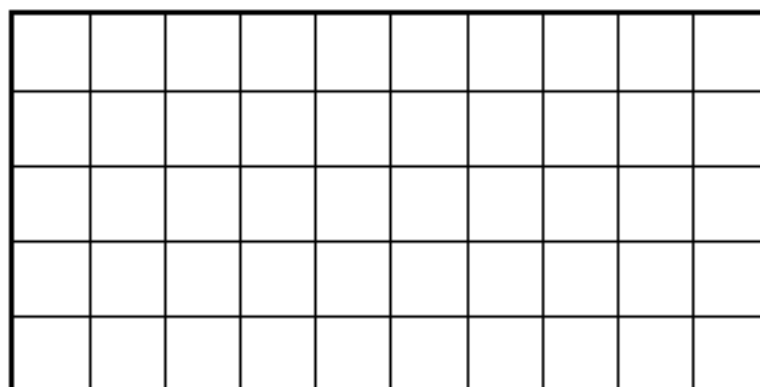
- obraz oscyloskopowy spoiny badanej głowicą skośną, strona prawa, dolna.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Wyniki badań:

- obraz oscyloskopowy spoiny badanej głowicą skośną, strona lewa, górna.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Wyniki badań:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Wyniki badań:

3. Obraz oscyloskopowy spoiny badanej głowicą skośną, strona prawa, górna.

Wnioski:

4. Pomiar grubości powłoki malarskiej grubościomierzem ultradźwiękowym:

.....

5. Sprawdzenie grubości powłoki malarskiej mikrometrem:

.....

6. Wnioski:.....

VI. Wprowadzenie do laboratorium nr 7

Zamiennność części maszyn

Zamiennność części maszyn bazuje na znormalizowanych wymiarach nominalnych, wg szeregu R20, oraz pasowaniach i tolerancjach. Znormalizowane wymiary nominalne sprawiają, że elementy części maszyn są do siebie podobne, np. otwór i czop. Jest to pierwszy krok do zamienności. Pasowania i tolerancje pozwalają na swobodny dobór współpracujących elementów wg potrzeb konstrukcyjnych. W tym miejscu najważniejszy jest dokładny pomiar. Pomierzone i opisane części umożliwiają dowolne kojarzenie dwóch detali, tj. ciasne lub luźne.

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 7

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

Temat: Zamiennosc części maszyn

Laboratorium nr 7

Pomiary i pasowania części maszyn

Ćwiczenie odbyto dnia	Sprawozdanie przyjęto dnia
-----------------------	----------------------------

I. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest opanowanie doboru pasowań i tolerancji wałka i otworu do zmierzonych wymiarów. Następnie należy zrealizować połączenia wałek – otwór wg wymagań konstrukcyjnych, tj. luźne i ciasne oraz nazwać je odpowiednim symbolem pasowania.

II. Zastosowane narzędzia

1. Suwmiarka uniwersalna wg PN-80/M-53130 i Dz. U. M i P. nr 6/96 i nr 4/99

- zakres pomiarowy.....
- dokładność wskazań.....
- błąd wskazań.....
- sprawdzenie metrologiczne warsztatowe.....

2. Transometr wgPN-75/M-53259 i Dz.U.M. i P.
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - błąd wskazań.....
 - sprawdzenie metrologiczne warsztatowe.....
3. Macki wewnętrzne:
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - błąd wskazań.....
 - sprawdzenie metrologiczne warsztatowe.....
4. Płytki wzorcowe długości wg PN-EN ISO 3650 i Dz. U. M. i P. nr 12/96,
 - zakres pomiarowy.....
 - dokładność wskazań.....
 - błąd wskazań.....
 - sprawdzenie metrologiczne warsztatowe.....

III. Zadania kontrolne

1. Tolerancja i klasy tolerancji.
2. Pasowania wg zasady stałego otworu.
3. Oznaczenia pasowań i tolerancji.

IV. Literatura

1. Norma PN/ISO 406 „Rysunek techniczny. Tolerowanie wymiarów liniowych i kątowych.”.
2. PN-ISO 1829 „Rysunek techniczny. Wybór pól tolerancji ogólnego przeznaczenia.”.
3. PN-EN ISO 7083 „Rysunek techniczny maszynowy. Symbole tolerancji geometrycznych. Proporcje i wymiary.”.
4. PN-EN 20286-1 „Układ tolerancji i pasowań ISO. Podstawy tolerancji, odchyłek i pasowań.”.
5. PN-EN 20286-2 „Układ tolerancji i pasowań ISO. Tablice klas tolerancji normalnych oraz odchyłek granicznych otworów i wałków.”.
6. PN-78/M-02041 „Wymiary normalne.”.

V. Szkic odręczny mierzonego przedmiotu

VI. Pomiary i dobór pasowania i tolerancji

1. Otwory – macki wewnętrzne:

Nr 1....., Nr 2....., Nr 3.....,
Nr 4....., Nr 5....., Nr 6.....

2. Wałki – transometr i płytki wzorcowe:

Nr 1....., Nr 2....., Nr 3....., Nr 4.....,
Nr 5....., Nr 6....., Nr 7....., Nr 8.....

3. Dobór wałków do otworów dla zrealizowania pasowań, podać pełne symbole literowo- cyfrowe uzyskanych pasowań wg PN:

– ciasne;

N_{min}/N_{max}

– mieszane;

S/N

– luźne;

S_{max}/S_{min}

4. Wnioski.....

.....

Spis rysunków

- Rys.1. Cechy powierzchni złomu zmęczeniowego.
- Rys. 2. Nadmierny promień wzornika.
- Rys. 3. Zbyt mały promień wzornika.
- Rys. 4. Sprawdzanie gwintu sprawdzianem do gwintu. Pełne doleganie krawędzi.
- Rys. 5. Rodzaje gwintów: a) gwint lewy; b) gwint prawy.
- Rys. 6. Krotność gwintu: a) jednokrotny; b) dwukrotny.
- Rys. 7. Linią krawędziowy MLWa.
- Rys. 8. Sprawdzanie odchyłek od walcowości za pomocą linią krawędziowego. Wygięcie wałka.
- Rys. 9. Tworzenie szczeliny wzorcowej na suwmiarce. Wymiar szczeliny 1 mm.
- Rys. 10. Tworzenie szczeliny wzorcowej na płytkach wzorcowych. Szczeliny 0,13 mm i 0,1 mm.
- Rys. 11. Wzorniki spawalnicze.
- Rys. 12. Spoinomierz uniwersalny.
- Rys. 13. Przyrząd uniwersalny do pomiaru spoin pachwinowych i doczołowych.
- Rys. 14. Przyrząd do pomiaru spoin kątowych.
- Rys. 15. Przyrząd krzywkowo-mostkowy.
- Rys. 16. Płytki z otworami.
- Rys. 17. Pomiar rozstawu dwóch otworów przy pomocy suwmiarki uniwersalnej.
- Rys. 18. Pomiar odległości otworu od krawędzi płytki.
- Rys. 19. Pomiar otworu mikrometrem wewnętrznym.
- Rys. 20. Płytki z otworami. Wymiarowanie do pomiarów.
- Rys. 21. Płytki z otworami. Wymiarowanie rozstawu osi otworów.
- Rys. 22. Schemat trójkąta środków otworów i jego położenia względem krawędzi bazowej.
- Rys. 23. Podstawowe parametry gwintu, wg PN-ISO 724.
- Rys. 24. Szerokość nakrętki s (wymiar pod klucz).
- Rys. 25. Pakiet wzorców zarysu gwintu.
- Rys. 26 Pomiar podziałki gwintu wewnętrznego.
- Rys. 27. Przesunięcie wzajemne s osi czopów 1 i 2 czyli bicie promieniowe.
- Rys. 28. Przebieg pomiaru bicia średnicy nr 2 wałka.
- Rys. 29. Przykład oznaczenia bicia promieniowego.
- Rys. 30. Przebieg pomiaru bicia osiowego tarczy.
- Rys. 31. Wałek osadzony w przyrządzie kłowym, z czujnikiem zegarowym.

- Rys. 32. Przyrząd kłowy f-my Mitutoyo.
- Rys. 33. Czujnik zębaty zegarowy i elektroniczny.
- Rys. 34. Podstawka magnetyczna do czujnika.
- Rys. 35. Czujnik zamocowany w uchwycie podstawki.
- Rys. 36. Linią krawędziowy i sprawdzanie walcowości.
- Rys. 37. Pomiar bicia wałka na przyrządzie kłowym.
- Rys. 38. Pomiar bicia powierzchni wałka. *I, II, III* minimum trzy miejsca pomiarowe.
- Rys. 39. Miejsca odczytu wskazań czujnika i przykładowy zarys odchyłek okrągłości.
- Rys. 40. Standardowe odchyłki okrągłości.
- Rys. 41. Typowe odchyłki od walcowości.
- Rys. 42. Pomiar różnicy h położenia średnic czopów głębokościomierzem mikrometrycznym.
- Rys. 43. Weryfikacja bicia osiowego tarczy za pomocą kątownika.
- Rys. 44. pomiar długości stożka.
- Rys. 45. Pomiar średnicy stożka.
- Rys. 46. Prawidłowy pomiar kątomierzem kąta stożka.
- Rys. 47. Zukosowanie liniału kątomierza na stożku.
- Rys. 48. Pomiar kąta stożka na liniale sinusowym.
- Rys. 49. Sprawdzanie liniału sinusowego.
- Rys. 50. Zasada pomiaru stożka wewnętrznego za pomocą dwóch kulek.
- Rys. 51. Sprawdzanie kątowników krawędziowych przez porównanie wzajemne.
- Rys. 52. Składanie płytek wzorcowych przez nasuwanie.
- Rys. 53. Zasada działania głowicy skośnej.

Literatura

1. Norma PN-ISO 129 „Rysunek techniczny. Wymiarowanie. Zasady ogólne. Definicje. Metody wykonania i oznaczenia specjalne.”.
2. Norma PN/ISO 406 „Rysunek techniczny. Tolerowanie wymiarów liniowych i kątowych.”.
3. Norma 473 „Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne.”.
4. Norma PN-ISO 724 „Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Wymiary nominalne.”.
5. Norma PN-ISO 965-1 „Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje. Część 1: Zasady i dane podstawowe.”.
6. Norma PN-ISO 965-2 „Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje. Część 2: Wymiary graniczne gwintów zewnętrznych i wewnętrznych ogólnego przeznaczenia. Klasa średnio dokładna.”.
7. Norma PN-ISO 965-3 „Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje. Część 3: odchyłki gwintów maszynowych.”.
8. Norma 970 „Spawalnictwo. Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania wizualne.”.
9. Norma PN-EN ISO 1119 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Szeregi kątów i zbieżności powierzchni.”.
10. Norma PN-ISO 1302 „Rysunek techniczny. Oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni.”.
11. Norma PN-EN 1330-2 „Badania nieniszczące - Terminologia - Terminy wspólne dla badań nieniszczących.”.
12. Norma PN-EN 1330-10 „Badania nieniszczące – Terminologia - Część 10: Terminy stosowane w badaniach wizualnych.”.
13. Norma PN-EN 1712 „Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania ultradźwiękowe złączy spawanych. Poziomy akceptacji.”.
14. Norma PN-ISO 1829 „Rysunek techniczny. Wybór pól tolerancji ogólnego przeznaczenia.”.
15. Norma PN-ISO 3058 „Badania nieniszczące. Przyrządy pomocnicze do badań wizualnych. Dobór lup o małych powiększeniach.”.
16. Norma PN-EN ISO 3650 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Wzorce długości. Płytki wzorcowe.”.
17. Norma PN-EN ISO 4014 „Śruby z łbem sześciokątnym. Klasy dokładności A i B.”.

18. Norma PN-EN ISO 6411 „Rysunek techniczny. Przedstawianie uproszczone nakiełków wewnętrznych.”.
19. Norma PN-EN ISO 7083 „Rysunek techniczny maszynowy. Symbole tolerancji geometrycznych. Proporcje i wymiary.”.
20. Norma PN-ISO 8512-1 „Płyty pomiarowe. Płyty żeliwne.”.
21. Norma PN-EN 10160 „Badania ultradźwiękowe wyrobów stalowych płaskich grubości równej lub większej niż 6 mm (metoda echa).”.
22. Norma PN-EN 12062 „Spawalnictwo. Badania nieniszczące złączy spawanych. Zasady ogólne dotyczące metali.”.
23. Norma PN-EN 13018 „Badania nieniszczące – Badania wizualne – Zasady Ogólne.”.
24. Norma PN-EN 13927 „Badania nieniszczące – Badania wizualne – Wyposażenie.”.
25. Norma PN-EN 20286-1 „Układ tolerancji i pasowań ISO. Podstawy tolerancji, odchyłek i pasowań.”.
26. Norma PN-EN 20286-2 „Układ tolerancji i pasowań ISO. Tablice klas tolerancji normalnych oraz odchyłek granicznych otworów i wałków.”.
27. Norma PN-EN ISO 25817 „Złącza spawane łukowo. Wytyczne określania poziomów jakości według niezgodności spawalniczych.”.
28. Norma PN-EN 26520-1 „Spawanie i procesy pokrewne .Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach. Część 1: Spawanie.”.
29. Norma PN-EN 25817 „Złącza stalowe spawane łukowo. Wytyczne do określania poziomów jakości według niezgodności spawalniczych.”.
30. Norma PN-EN 26520 „Klasyfikacja niezgodności spawalniczych w złączach spawanych metali wraz z objaśnieniami.”.
31. Norma PN-87/M-01145 „Rysunek techniczny maszynowy. Tolerancje kształtu i położenia. Oznaczanie na rysunkach.”.
32. Norma PN-93/M-01149 „Rysunek techniczny maszynowy. Wymiarowanie i tolerowanie stożków.”.
33. Norma PN-58/M-02043 „Podcięcia obróbkowe.”.
34. Norma PN-82/M-02121 „Stożki i złącza stożkowe. Terminologia.”.
35. Norma PN-83/M-02122 „Stożki i złącza stożkowe. Układ tolerancji stożków.”.
36. Norma PN-77/M-02136 „Układ tolerancji kątów.”.
37. Norma PN-78/M-02137 „Tolerancje kształtu i położenia. Nazwy i określenia.”.
38. Norma PN-80/M-02138 „Tolerancje kształtu i położenia. Wartości.”.

39. Norma PN- 91/M- 02168/01 „Tolerancje ogólne. Tolerancje wymiarów liniowych i kątowych bez tolerancji indywidualnych.”.
40. Norma PN-75/M-02497 „Nakielki z gwintem.”.
41. Norma PN-87/M-04251 „Struktura geometryczna powierzchni. Chropowatość powierzchni. Wartości liczbowe parametrów.”.
42. Norma PN-85/M-04254 „Struktura geometryczna powierzchni obrabianych. Porównawcze wzorce chropowatości powierzchni obrabianych.” .
43. Norma PN-74/M-53103 „Narzędzia pomiarowe. Przybory do płytek wzorcowych.”
44. Norma PN-81/M-53108 „Narzędzia pomiarowe. Płytki kątowe.”.
45. Norma PN-80/M-53130 „Narzędzia suwmiarkowe. Przyrządy suwmiarkowe. Wymagania.”.
46. Norma PN-86/M-53160 „Narzędzia pomiarowe. Kątowniki 90° stalowe.”.
47. Norma PN-74/M-53180 „Narzędzia pomiarowe. Liniąły krawędziowe i powierzchniowe.”.
48. Norma PN-65/M-53247 „Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe jednostronne.”.
49. Norma PN-79/M-53354 „Narzędzia pomiarowe. Liniąły sinusowe.”.
50. Norma PN-82/M-53358 „Narzędzia pomiarowe. Kątomierze uniwersalne.”.
51. Norma PN-68/M-53260 „Warsztatowe środki pomiarowe. Czujniki zębate zegarowe.”.
52. Norma PN-80/M-53395 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce zarysu gwintu metrycznego.”.
53. Norma PN-87/M-53396 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce łuków kołowych.”.
54. Norma PN-87/M-69008 „Spawalnictwo. Klasyfikacja konstrukcji spawanych.”.
55. Norma PN-00/M-70008 „Badania nieniszczące. Ogólne nazwy i określenia.”.
56. Norma PN-00/M 70050 „Badania nieniszczące. Metody ultradźwiękowe. Nazwy i określenia.”.
57. Norma PN-00/M-70051 „Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorzec kontrolny W1.”.
58. Norma PN-00/M-70054 „Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorzec kontrolny W2.”.
59. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 1/97.
60. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 5/97.
61. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 6/96.
62. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 7/96
63. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 11/96.

- 64. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 12/96.
- 65. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 17/96.
- 66. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 23/95.
- 67. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 27/96
- 68. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 30/95.

Spis treści

Przedmowa.....	2
Regulamin ćwiczeń laboratoryjnych z metrologii warsztatowej.....	3
I. Wprowadzenie do laboratorium nr 1. Omówienie przebiegu ćwiczeń laboratoryjnych z metrologii warsztatowej.....	4
II. Wprowadzenie do laboratorium nr 2. Badania wizualne.....	7
III. Wprowadzenie do laboratorium nr 3. Pomiar wymiarów pośrednich.....	29
IV. Wprowadzenie do Laboratorium nr 4. Pomiar wymiarów złożonych.....	42
V. Wprowadzenie do Laboratorium nr 5. Pomiary kątów i zbieżności stożków.....	55
VI. Wprowadzenie do laboratorium nr 6. Pomiary i badania nieniszczące konstrukcji spawanych.....	70
VII. Wprowadzenie do laboratorium nr 7 – zamienność części maszyn.....	81