

## Spis treści

|   |    |
|---|----|
| Przedmowa.....  | 1  |
| Regulamin ćwiczeń laboratoryjnych z metrologii warsztatowej.....                  | 3  |
| Wstęp.....  | 4  |
| I. Przygotowanie pomiaru. Informacje ogólne.....                                  | 4  |
| 1. Przedmiot mierzony.....  | 4  |
| 2. Stanowisko pomiarowe.....  | 4  |
| 3. Pomiarowiec.....   | 5  |
| 4. Narzędzia pomiarowe i oprzyrządowanie.....                                     | 5  |
| 5. Typowe sposoby minimalizowania błędów pomiarów.....                            | 6  |
| 6. Typowe prace pomiarowe w budowie maszyn.....                                   | 7  |
| 7. Prace kontrolno-pomiarowe szczególne.....                                      | 8  |
| II. Wprowadzenie do Laboratorium nr 2. Pomiar wałka.....                          | 13 |
| 1. Suwmiarka dwustronna tzw. uniwersalna.....                                     | 13 |
| 1.1 Pełne sprawdzanie metrologiczne.....  | 13 |
| 1.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                         | 14 |
| 1.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach średnic zewnętrznych suwmiarką..... | 18 |
| 2. Mikrometr zewnętrzny.....  | 22 |
| 2.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne.....   | 22 |
| 2.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                         | 23 |
| 2.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach mikrometrem.....                    | 24 |
| 2.4. Pomiar właściwy wałka.....   | 25 |
| 3. Wzorce zarysu gwintu.....  | 26 |
| 3.1. Sprawdzanie metrologiczne.....   | 26 |
| 3.2. Sprawdzanie metrologiczne w warunkach warsztatowych.....                     | 26 |
| 3.3. Najczęściej spotykane błędy pomiarów podziałki gwintu wzornikiem.....        | 27 |
| 3.4. Właściwe określanie podziałki gwintu.....                                    | 27 |
| 3.5. Pomiar podziałki gwintu suwmiarką.....                                       | 28 |
| 3.6. Pomiar innych parametrów gwintu zewnętrznego.....                            | 28 |
| 4. Wzorce łuków kołowych.....   | 30 |
| 4.1. Sprawdzanie metrologiczne wzorców łuków.....                                 | 30 |

|   |    |
|---|----|
| 4.2. Typowe błędy powstające przy stosowaniu wzorców łuków kołowych.....              | 30 |
| 4.3. Właściwy pomiar promienia.....   | 31 |
| Sprawozdanie z ćwiczenia nr 2.....  | 32 |
| III. Wprowadzenie do Laboratorium nr 3. Pomiar otworu.....                            | 38 |
| 1. Suwmiarka jednostronna.....  | 38 |
| 1.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne.....   | 38 |
| 1.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                             | 39 |
| 1.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach otworów.....                            | 40 |
| 1.4. Prawidłowy pomiar otworu.....  | 41 |
| 2. Średnicówka mikrometryczna.....  | 41 |
| 2.1 Pełne sprawdzanie metrologiczne.....  | 42 |
| 2.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                             | 42 |
| 3. Mikrometr wewnętrzny szczękowy.....  | 45 |
| 3.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne.....   | 45 |
| 3.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                             | 45 |
| 3.3. Typowe błędy przy pomiarach mikrometrem wewnętrznym.....                         | 47 |
| 4. Średnicówka z czujnikiem zegarowym.....  | 48 |
| 4.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne.....   | 48 |
| 4.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                             | 48 |
| Sprawozdanie z ćwiczenia nr 3.....  | 52 |
| IV. Wprowadzenie do Laboratorium nr 4. Pomiary kątów, zbieżności i pochyleń.....      | 57 |
| 1. Kątomierz uniwersalny.....   | 57 |
| 1.1 Pełne sprawdzanie metrologiczne.....  | 57 |
| 1.2 Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                              | 58 |
| 1.3 Najczęściej spotykane błędy w pomiarach kątomierzem.....                          | 61 |
| 1.4 Prawidłowy pomiar kątomierzem .....   | 63 |
| 2. Kątowniki 90° stalowe.....   | 63 |
| 2.1 Pełne sprawdzanie metrologiczne.....  | 64 |
| 2.2 Najczęściej popełniane błędy w pomiarach kątów prostych.....                      | 67 |
| 2.2 Prawidłowy pomiar prostopadłości kątownikiem.....                                 | 70 |
| 2.3 Pomiar odchyłki od prostopadłości: płyta pomiarowa, kątownik, szczelinomierz..... | 71 |
| 3. Płytki katowe.....   | 71 |
| 3.1 Pełne sprawdzanie metrologiczne.....  | 72 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.2 Sprawdzenie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                                  | 73  |
| 3.3 Typowe błędy pomiarowe.....   | 73  |
| 3.4 Prawidłowe odwzorowanie kąta za pomocą płytek kątowych.....                           | 73  |
| 4. Płyty pomiarowe.....   | 75  |
| 4.1 Pełne sprawdzanie metrologiczne płyt pomiarowych.....                                 | 75  |
| 4.2 Sprawdzenie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                                  | 75  |
| V. Wprowadzenie do Laboratorium nr 5A. Pomiar chropowatości i falistości powierzchni..... | 82  |
| Część 1. Chropowatość.....  | 82  |
| 1. Wzorce chropowatości.....  | 82  |
| 1.2 Pełne sprawdzanie metrologiczne.....  | 82  |
| 1.3 Sprawdzenie metodą warsztatową.....   | 83  |
| 2. Pomiar chropowatości.....  | 83  |
| Część 2. Falistość powierzchni.....   | 85  |
| 1. Liniał krawędziowy.....  | 85  |
| 1.1 Pełne sprawdzanie metrologiczne liniału.....  | 85  |
| 1.2 Sprawdzenie metrologiczne liniału krawędziowego metodą warsztatową.....               | 86  |
| 2. Pomiar prostoliniowości i falistości wałka.....  | 86  |
| 3. Szczelina wzorcowa.....  | 87  |
| Sprawozdanie z ćwiczenia nr 5A.....   | 88  |
| VI. Wprowadzenie do Laboratorium nr 5B. Pomiar luzu poprzecznego łożysk.....              | 92  |
| 1. Szczelinomierz.....  | 92  |
| 1.1 Pełne sprawdzanie metrologiczne.....  | 92  |
| 1.2. Sprawdzenie sposobem warsztatowym.....   | 92  |
| 1.3. Typowe błędy popełniane podczas pomiaru szczelinomierzem luzu łożysk.....            | 93  |
| 1.4. Prawidłowy przebieg pomiaru luzu łożyska.....  | 94  |
| 2. Czujnik zegarowy.....  | 96  |
| 2.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne.....   | 96  |
| 2.2. Sprawdzenie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                                 | 96  |
| 2.3. Najczęściej spotykane błędy w pomiarach czujnikiem zegarowym.....                    | 98  |
| 2.4. Prawidłowy pomiar luzu łożyska czujnikiem.....                                       | 100 |
| 3. Łożyska ślizgowe.....  | 101 |
| Sprawozdanie z ćwiczenia nr 5B. Pomiar luzu łożyska.....                                  | 102 |

|  |     |
|--|-----|
| VII. Wprowadzenie do Laboratorium nr 5C. Pomiar odchyłek położenia.....                | 107 |
| 1. Zestaw narzędzi i czynności pomiarowych.....  | 107 |
| 1.1. Suwmiarka uniwersalna dwustronna MAUa.....  | 107 |
| 1.2. Kątownik 90° krawędziowy stalowy MKSg.....  | 107 |
| 1.3. Szczelinomierz MWSb.....  | 107 |
| 2. Przedmiot badany.....   | 108 |
| Sprawozdanie z ćwiczenia nr 5C.....  | 109 |
| VIII. Wprowadzenie do Laboratorium nr 6. Statystyka. Pomiary w produkcji seryjnej .... | 114 |
| 1. Mikrometr z czujnikiem wbudowanym. Transametr.....                                  | 114 |
| 1.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne.....  | 114 |
| 1.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                              | 115 |
| 1.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach mikrometrami czujnikowymi.....           | 115 |
| 1.4. Pomiar prawidłowy.....  | 116 |
| 2. Wzorce długości.....  | 117 |
| 2.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne.....  | 117 |
| 2.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym.....                              | 118 |
| 2.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach płytkami wzorcowymi.....                 | 118 |
| 2.4. Pomiar płytkami wzorcowymi.....   | 119 |
| Sprawozdanie z ćwiczenia nr 6. Analiza błędów w serii pomiarów.....                    | 120 |
| IX. Wprowadzenie do Laboratorium nr 7. Sensory. Pomiary i badania nieniszczące.....    | 124 |
| 1. Aparatura ultradźwiękowa.....   | 124 |
| 2. Defektoskop ultradźwiękowy.....   | 125 |
| 2.1. Budowa aparatury. Parametry pomiarowe.....  | 125 |
| 2.2. Aparat defektoskopowy.....  | 127 |
| 2.3. Przedmiot badany.....   | 136 |
| 2.4. Operator defektoskopu.....  | 136 |
| 2.5. Najczęściej popełniane błędy w defektoskopii ultradźwiękowej.....                 | 137 |
| Sprawozdanie z ćwiczenia nr 7.....   | 139 |
| Spis rysunków i tabel.....   | 144 |
| Spis norm.....   | 148 |