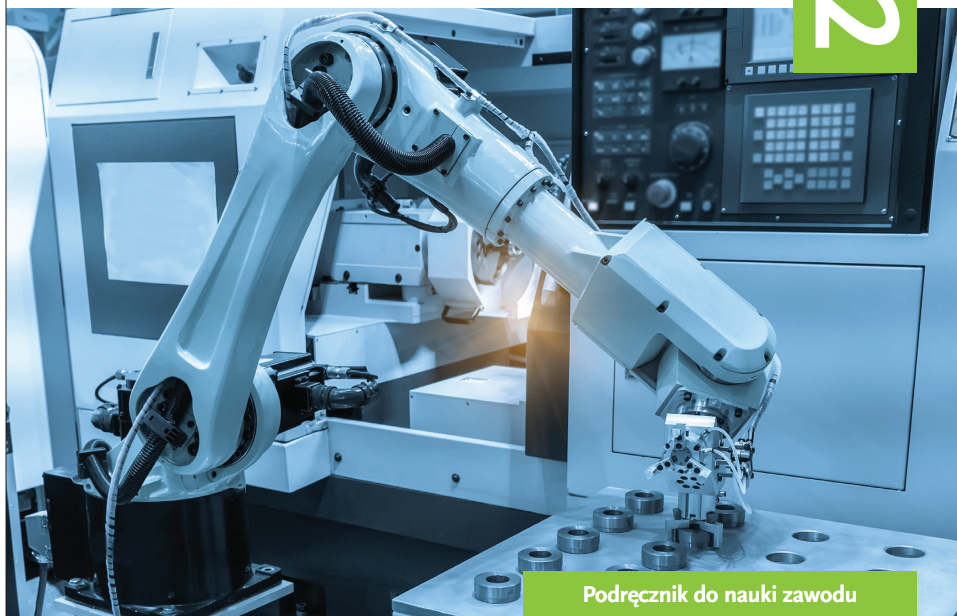


REFORMA  
2017

Część 1

# Montaż, uruchamianie i konserwacja urządzeń i systemów mechatronicznych

EE.02



Podręcznik do nauki zawodu

- TECHNIK MECHATRONIK
- MECHATRONIK



Branża elektroniczna, informatyczna  
i elektryczna

2017  
ZAPOWIEDŹ

**PUBLIKACJA DO NOWEJ  
PODSTAWY PROGRAMOWEJ**

PREMIERA: SIERPIEŃ 2017



# Podręczniki do nowej podstawy programowej

## BRANŻA ELEKTRONICZNA, INFORMATYCZNA I ELEKTRYCZNA

### TECHNIK MECHATRONIK, MECHATRONIK



Montaż, uruchamianie i konserwacja urządzeń i systemów mechatronicznych. Część 1

### TECHNIK MECHATRONIK, MECHATRONIK



Montaż, uruchamianie i konserwacja urządzeń i systemów mechatronicznych. Część 2

### TECHNIK ELEKTRYK, ELEKTRYK



Montaż, uruchamianie i konserwacja instalacji maszyn i urządzeń elektrycznych. Część 1

### TECHNIK ELEKTRYK, ELEKTRYK



Montaż, uruchamianie i konserwacja instalacji maszyn i urządzeń elektrycznych. Część 2

### TECHNIK INFORMATYK



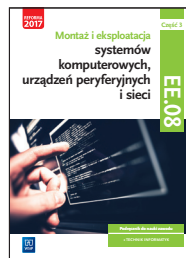
Montaż i eksploatacja systemów komputerowych, urządzeń peryferyjnych i sieci. Część 1

### TECHNIK INFORMATYK



Montaż i eksploatacja systemów komputerowych, urządzeń peryferyjnych i sieci. Część 2

### TECHNIK INFORMATYK



Montaż i eksploatacja systemów komputerowych, urządzeń peryferyjnych i sieci. Część 3



WYDAWNICTWA  
SZKOLNE  
i PEDAGOGICZNE

wsip.pl | infolinia: 801 220 555 | sklep.wsip.pl

# Szanowni Państwo,

z przyjemnością prezentujemy Państwu fragmenty **nowego podręcznika, spełniającego wszystkie wymagania nowej podstawy programowej** kształcenia w zawodach. Jest to publikacja gwarantująca skuteczne przygotowanie do egzaminów zawodowych, napisana językiem zrozumiałym dla ucznia i wzbogacona o atrakcyjny materiał ilustracyjny.

Prawdziwa nowość, warta Państwa uwagi.

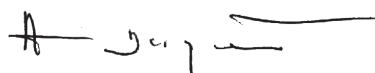
Od 1 września 2017 roku w klasach (semestrach) pierwszych wszystkich typów szkół prowadzących kształcenie zawodowe będzie wdrażana nowa podstawa programowa kształcenia w zawodach, którą przygotowano na podstawie nowej klasyfikacji zawodów. Najważniejsze zmiany polegają na ograniczeniu liczby kwalifikacji do dwóch lub jednej w zawodach dotychczas trójkwalifikacyjnych oraz umożliwieniu absolwentom branżowych szkół I stopnia kontynuacji nauki w szkole II stopnia i uzyskaniu tytułu technika. Modyfikacji ulegają także efekty kształcenia opisane w podstawie programowej. Część z nich znacznie rozszerzono, inne dodano – zarówno w kwalifikacjach, jak i efektach wspólnych dla obszaru czy grupy zawodów. Oznacza to, że skuteczną pracę z uczniem i przygotowanie do nowego egzaminu potwierdzającego kwalifikacje w zawodzie trzeba będzie oprzeć na **podręcznikach zgodnych z nową podstawą programową**, które Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne przygotowują na rok szkolny 2017/2018.

Aby umożliwić Państwu zapoznanie się z naszym podręcznikiem, prezentujemy wykaz zawartych w nim treści oraz fragmenty wybranych rozdziałów.

Wierzymy, że przygotowana przez nas oferta umożliwi Państwu efektywną pracę oraz pomoże w skutecznym przygotowaniu uczniów i słuchaczy do egzaminu – zarówno w części pisemnej, jak i praktycznej.

Zapraszamy do korzystania z naszego podręcznika.

## Warto uczyć z nami!



Artur Dzigański

**Dyrektor Kształcenia Zawodowego**

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna

**REFORMA  
2017**

**Reforma systemu oświaty wprowadza istotne zmiany do kształcenia zawodowego. To ogromne wyzwanie dla szkół, kadry kierowniczej i nauczycielskiej.**

**Jesteśmy gotowi, by Was wspierać.**

- Przygotowaliśmy ofertę podręczników dostosowanych do nowej podstawy programowej.
- Zapraszamy na szkolenia z obszarów zarządzania, nadzoru pedagogicznego, prawa i inne dostępne w ofercie ORKE.
- Zachęcamy do udziału w konferencjach, e-konferencjach, webinarium odpowiadających na potrzeby kadry nauczycielskiej.
- Pomagamy zwiększyć atrakcyjność i konkurencyjność placówki na rynku dzięki Systemowi Certyfikacji Zawodowych Certup, który uzupełni jej ofertę.
- Wspieramy i edukujemy kadre placówki w zakresie pozyskiwania funduszy europejskich na kształcenie zawodowe.
- Zapewniamy bezpłatne materiały dydaktyczne i metodyczne dla nauczycieli. Sprawdź na: [ucze.pl](http://ucze.pl), [WSiP.net](http://WSiP.net), [zdasz.to](http://zdasz.to).

[sklep.wsip.pl](http://sklep.wsip.pl)

 **KLUB NAUCZYCIELA**  
[ucze.pl](http://ucze.pl)

 [wsipnet.pl](http://wsipnet.pl)

[WWW.ZDASZ.TO](http://WWW.ZDASZ.TO)

 **OR  
Ke**

Szczegółowe informacje na [wsip.pl/szkoly-zawodowe](http://wsip.pl/szkoly-zawodowe)

Dołącz do nas na



[facebook.com/ksztalcimyzawodowo](https://facebook.com/ksztalcimyzawodowo)



REFORMA  
2017

Część 1

# Montaż, uruchamianie i konserwacja urządzeń i systemów mechatronicznych

EE.02

Robert Dziurski  
Stanisław Sierny  
Michał Tokarz

Podręcznik do nauki zawodu

- TECHNIK MECHATRONIK
- MECHATRONIK



Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia w zawodach na podstawie opinii rzeczoznawców:

---

Rok dopuszczenia: 2017

Zawód: **technik mechatronik i mechatronik.**

Kwalifikacja: **EE.02. Montaż, uruchamianie i konserwacja urządzeń i systemów mechatronicznych.**

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne  
Warszawa 2017

Wydanie I (rzut I)

Opracowanie merytoryczne i redakcyjne: **Zbigniew Dziędzic** (redaktor prowadzący)

Konsultacja: **mgr inż. Joanna Ksieniewicz**

Redakcja językowa: **Małgorzata Krygier**

Redakcja techniczna: **Elżbieta Walczak**

Projekt okładki: **Dominik Krajewski**

Fotoedycja: **Agata Bażyńska**

Skład i łamanie: **Małgorzata Ciesińska**

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna

00-807 Warszawa, Aleje Jerozolimskie 96

KRS: 0000595068

Tel.: 22 576 25 00

Infolinia: 801 220 555

**[www.wsip.pl](http://www.wsip.pl)**

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że podjęły starania mające na celu dotarcie do właścicieli i dysponentów praw autorskich wszystkich zamieszczonych utworów. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, przytaczając w celach dydaktycznych utwory lub fragmenty, postępują zgodnie z art. 29 ustawy o prawie autorskim. Jednocześnie Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że są jedynym podmiotem właściwym do kontaktu autorów tych utworów lub innych podmiotów uprawnionych w wypadkach, w których twórcy przysługuje prawo do wynagrodzenia.

Publikacja, którą nabyłaś / nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegała / przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.



Szanujmy cudzą własność i prawo.  
Więcej na [www.legalnakultura.pl](http://www.legalnakultura.pl)  
Polska Izba Książki

# SPIS TREŚCI

## 1. Zasady bhp i ochrony przeciwpożarowej

1.1	Podstawowe pojęcia z dziedziny BHP .....	8
1.2	Szklenia wstępne, okresowe i instruktaże .....	10
1.3	Przepisy bhp podczas montażu .....	12
1.4	Zasady obowiązujące przy montażu i użytkowaniu urządzeń elektrycznych .....	14

## 2. Pomiary warsztatowe

2.1	Wprowadzenie .....	20
2.2	Wzorce miar .....	22
2.3	Przyrządy pomiarowe i czujnikowe .....	26
2.4	Tolerancje i pasowania .....	31

## 3. Podstawy rysunku technicznego

3.1	Podstawowe informacje o rysunku technicznym .....	40
3.2	Rzutowanie prostokątne .....	46
3.3	Rzutowanie aksonometryczne .....	48
3.4	Widoki, przekroje i kłady .....	50
3.5	Wymiarowanie .....	55
3.6	Tolerancje wymiaru, kształtu i położenia oraz chropowatość .....	62
3.7	Rysunki wykonawcze, złożeniowe i schematyczne .....	66
3.8	Systemy CAD .....	70

## 4. Podstawy technologii

4.1	Odlewnictwo .....	74
4.2	Obróbka plastyczna .....	78
4.3	Obróbka skrawaniem .....	86
4.4	Obróbka ręczna .....	96

## 5. Podstawy konstrukcji elementów mechanicznych

5.1	Połączenia nierozłączne .....	104
5.2	Połączenia rozłączne .....	122
5.3	Elementy sprężynujące .....	138
5.4	Wały i osie .....	141
5.5	Łożyska .....	144
5.6	Sprzęgła .....	155
5.7	Przekładnie .....	160
5.8	Mechanizmy .....	168

## 6. Podstawy materiałoznawstwa

6.1	Klasyfikacja materiałów .....	172
6.2	Metale i ich stopy .....	174
6.3	Stopy żelaza z węglem .....	178

6.4	Obróbka cieplna i cieplno-chemiczna stali .....	185
6.5	Metale nieżelazne i ich stopy .....	189
6.6	Korozja metali .....	192
6.7	Tworzywa sztuczne .....	194
6.8	Materiały ceramiczne .....	197
6.9	Materiały kompozytowe .....	200

## 7. Wprowadzenie do montażu elementów, podzespołów i zespołów mechanicznych

7.1	Proces technologiczny montażu i jego dokumentacja .....	204
7.2	Zasady montażu i wpływ rodzaju produkcji na metody montażu .....	207
7.3	Organizacja stanowiska montażu .....	209
7.4	Podstawowe operacje i czynności montażowe, urządzenia, .....	211
7.5	Podstawy montażu .....	215
7.6	Ocena stanu technicznego elementów przed montażem...	222
7.7	Urządzenia transportu wewnętrznego .....	224

## 8. Podstawowe pojęcia z pneumatyki

8.1	Definicje pojęć stosowanych w pneumatyce .....	234
8.2	Powietrze jako medium robocze .....	238
8.3	Podstawowe prawa gazowe .....	243
8.4	Przepływ gazu i parametry przepływu gazu .....	252
8.5	Parametry charakteryzujące stan powietrza roboczego .....	254
8.6	Budowa układu pneumatycznego .....	262

## 9. Budowa i działanie elementów pneumatycznych. Elementy i zespoły wykonawcze

9.1	Fazy istnienia obiektu .....	266
9.2	Urządzenia do wytwarzania sprężonego powietrza .....	268
9.3	Sprężarki waporowe tłokowe .....	270
9.4	Sprężarki waporowe obrotowe .....	273
9.5	Sprężarki przepływowe .....	276
9.6	Układ przygotowania sprężonego powietrza .....	278
9.7	Pneumatyczne elementy wykonawcze .....	283
9.8	Siłowniki jednostronnego działania .....	286
9.9	Siłowniki dwustronnego działania .....	288
9.10	Siłowniki beztłokowe .....	292
9.11	Siłowniki beztłoczkowe .....	294
9.12	Podstawy działania siłowników pneumatycznych .....	298
9.13	Silniki pneumatyczne .....	305

## 10. Budowa i działanie elementów pneumatycznych. Elementy sterujące przepływem powietrza

10.1	Zawory rozdzielające .....	310
10.2	Zawory 2-drogowe (zawory odcinające) .....	319
10.3	Zawory 3-drogowe .....	322

<b>10.4</b>	Zawory 5-drogowe 5/2 .....	330
<b>10.5</b>	Zawory 5-drogowe 5/3 .....	336
<b>10.6</b>	Zawory rozdzielające pomocnicze.....	341

## **11. Budowa i działanie elementów pneumatycznych. Elementy pomocnicze, przewodzące i łączące**

<b>11.1</b>	Instalacje pneumatyczne .....	350
<b>11.2</b>	354Przyłącza i złącza pneumatyczne .....	352
<b>11.3</b>	356Przesyłanie i gromadzenie powietrza.....	354

## **12. Dobór i montaż elementów pneumatycznych**

<b>12.1</b>	Dobór elementów pneumatycznych do układów .....	372
<b>12.2</b>	Dobór elementów układu pneumatycznego.....	382
<b>12.3</b>	Możliwości zastosowania i pełnione funkcje układów pneumatycznych.....	384
<b>12.4</b>	Montaż układów pneumatycznych .....	389
<b>12.5</b>	Ocena stanu technicznego i przydatności elementów .....	392
<b>12.6</b>	Mocowanie elementów .....	393
<b>12.7</b>	Łączenie elementów .....	396
<b>12.8</b>	Ocena jakości montażu .....	398

## **13. Podstawowe pojęcia z hydrauliki**

<b>13.1</b>	Definicje pojęć stosowanych w hydraulice .....	402
<b>13.2</b>	Hydromechanika .....	404
<b>13.3</b>	Hydrostatyka .....	406
<b>13.4</b>	Hydrokinetyka .....	409
<b>13.5</b>	Pomiar ciśnienia, prędkości i natężenia przepływu .....	410
<b>13.6</b>	Ciecze hydrauliczne .....	413

## **14. Budowa i działanie elementów hydraulicznych**

<b>14.1</b>	Pompy hydrauliczne .....	418
<b>14.2</b>	Silniki hydrauliczne – budowa i funkcje elementarne .....	427
<b>14.3</b>	Siłowniki hydrauliczne zagadnienia .....	431
<b>14.4</b>	Rodzaje siłowników hydraulicznych .....	436

## **15. Elementy sterujące przepływem cieczy**

<b>15.1</b>	Zawory zwrotne .....	442
<b>15.2</b>	Zawory rozdzielające hydrauliczne .....	445
<b>15.3</b>	Zawory bezpieczeństwa zagadnienia .....	450
<b>15.4</b>	Zbiorniki hydrauliczne .....	452
<b>15.5</b>	Przewody, przyłącza i złącza hydrauliczne .....	454
<b>15.6</b>	Filtry hydrauliczne .....	457
<b>15.7</b>	Akumulatory hydrauliczne .....	459

## **16. Dobór elementów hydraulicznych do układów**

<b>16.1</b>	Elementy układu hydraulicznego .....	480
-------------	--------------------------------------	-----

<b>16.2</b> Układ hydrauliczny otwarty i zamknięty .....	487
<b>16.3</b> Montaż części w zespoły .....	489

## 17. Aparatura łączeniowa, sterownicza i zabezpieczająca

<b>17.1</b> Styczniki i przekaźniki .....	498
<b>17.2</b> Elementy operatorskie .....	508
<b>17.3</b> Zabezpieczenia układów sterowania elektrycznego .....	514
<b>17.4</b> Podstawowe układy sterowania stycznikowo-przekaźnikowego .....	523
<b>17.5</b> Zasady rysowania schematów układów elektrycznych .....	525

## 18. Maszyny elektryczne

<b>18.1</b> Transformatory .....	530
<b>18.2</b> Silniki prądu stałego .....	542
<b>18.3</b> Silniki indukcyjne .....	554
<b>18.4</b> Maszyny synchroniczne .....	573
<b>18.5</b> Maszyny specjalne .....	583

## 19. Elementy, układy elektroniczne i cyfrowe

<b>19.1</b> Najważniejsze elementy elektroniczne .....	590
<b>19.2</b> Wzmacniacz operacyjny i układy pracy wzmacniacza .....	604
<b>19.3</b> Wybrane układy elektroniczne .....	610
<b>19.4</b> Bramki logiczne .....	621
<b>19.5</b> Wybrane układy kombinacyjne i sekwencyjne .....	626
<b>19.6</b> Przetworniki wielkości nieelektrycznych na elektryczne .....	635
<b>19.7</b> Sensory w mechatronice .....	647

## 20. Montaż elementów i podzespołów elektrycznych oraz elektronicznych

<b>20.1</b> Schematy układów elektrycznych i elektronicznych .....	656
<b>20.2</b> Montaż urządzeń elektrycznych .....	658
<b>20.3</b> Montaż układów elektronicznych .....	669
<b>20.4</b> Pomiary w układach elektrycznych i elektronicznych .....	674

## Źródła ilustracji i fotografii

**Tekst główny:** s. 16 – Mitutoyo; s. 19 – Complex Industry Quality, NSK Europe Ltd., SKF CE, Atlantis; s. 20 – NSK Europe Ltd., Mikrostal, India Mart, Tomken, Metalzbyt, Wirax, Schaffer Technologies; s. 26 – Aurora Bearings, Dmitry Guzhanin/Shutterstock.com, RBC Bearings, TechMech, Jula, <http://www.rem-war.com.pl/odlew.html>; s. 30 – Astro Electronics; s. 31 – Stalmet-Premo Sp. z o.o., Technical, Radius, Natalia Marszałek/WSiP

# 1. Zasady bhp i ochrony przeciwpożarowej

- Podstawowe pojęcia z dziedziny BHP
- Szkolenia wstępne, okresowe i instruktaże
- Przepisy bhp podczas montażu
- Zasady obowiązujące przy montażu i użytkowaniu urządzeń elektrycznych



## 1.1

# Podstawowe pojęcia z dziedziny BHP

## ZAGADNIENIA

- BHP, definicja i zadania
- Wypadek i choroba zawodowa
- Ryzyko zawodowe
- Środki ochrony indywidualnej i zbiorowej

**Bezpieczeństwo i higiena pracy** – BHP to stan warunków i organizacji pracy oraz zachowań pracowników zapewniający wymagany poziom ochrony zdrowia i życia przed zagrożeniami występującymi w środowisku pracy.

Zagadnienia z dziedziny BHP są powszechnie znane, ale osiągnięcie wystarczającej jednoznaczności w ich interpretacji bywa nieraz trudne. Ukazują to następujące przykłady.

**Przypadek 1.** Robotnik niósł przed sobą skrzynię, potknął się na nierównym podłożu, upadł i zwichnął nogę.

**Przypadek 2.** Pracownik szedł do szatni, poślizgnął się na mokrej i zatłuszczonej podłodze, upadł i złamał rękę.

**Przypadek 3.** Uczeń w drodze na praktykę został potrącony przez samochód na przejściu dla pieszych.

Opisane przykłady nazywa się wypadkami.

**Wypadek** to każde niespodziewane zdarzenie, które spowodowało lub mogłoby spowodować uraz.

**Uraz** jest określany jako uszkodzenie tkanek ciała lub narządów człowieka wskutek działania czynnika zewnętrznego.

**Wypadek przy pracy** to nagłe zdarzenie wywołane przyczyną zewnętrzną, powodujące uraz lub śmierć, które nastąpiło w związku z pracą:

- podczas wykonywania lub w związku z wykonywaniem przez pracownika zwykłych czynności albo poleceń przełożonych;
- podczas wykonywania lub w związku z wykonywaniem przez pracownika czynności na rzecz pracodawcy, nawet bez polecenia;
- w czasie pozostawania pracownika w dyspozycji pracodawcy w drodze między siedzibą pracodawcy a miejscem wykonywania obowiązku wynikającego ze stosunku pracy.

**Wypadek w drodze do pracy lub z pracy** – to zdarzenie nagłe wywołane przyczyną zewnętrzną, które nastąpiło w drodze do lub z miejsca wykonywania zatrudnienia.

**Sytuacje przedwypadkowe** – to sytuacje które groziły wypadkiem, zwiększały prawdopodobieństwo jego wystąpienia. Odnosząc się do podanych przykładów można wyciągnąć kolejne wnioski:

W **przypadku 1.** stan podłoża nie był idealny, jednak pracownik niosący skrzynię przed sobą również nie zachował wystarczającej ostrożności, gdyż nie widział przeszkody.

W **przypadku 2.** okazało się, że najkrótsza droga do szatni przebiegała w pobliżu toka- rek, których otoczenie jest zanieczyszczone odpryskującym chłodziwem.

W **przypadku 3.** na oceną zdarzenia miały wpływ wyjaśnienia ucznia. Przyznał się on, że z powodu pośpiechu, który towarzyszył też innym przechodniom idącym rano do pracy, wszedł na jezdnię, nie zachowując należytej ostrożności.

Z opisanymi sytuacjami związane jest pojęcie ryzyka zawodowego.

**Ryzyko zawodowe** to prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń związanych z wykonywaną pracą powodujących straty – w szczególności wystąpienia u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych w wynikających z zagrożeń zawodowych w środowisku pracy lub sposobu wykonywania pracy.

Wniosek: im większe ryzyko, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku.

**Choroba zawodowa** to choroba spowodowana działaniem czynników szkodliwych dla zdrowia występujących w środowisku pracy określona w prawnie obowiązującym wykazie chorób zawodowych.

Chorobę zawodową różni od wypadku czas jej powstawania. Choroba zawodowa pojawia się najczęściej po wielu tatach pracy w trudnych warunkach nazywanych warunkami szkodliwymi dla zdrowia.

**Czynnik niebezpieczny** to czynnik, którego oddziaływanie na pracującego bezpośrednio prowadzi lub może prowadzić do urazu.

**Czynnik szkodliwy** to czynnik, którego oddziaływanie na pracującego bezpośrednio prowadzi lub może prowadzić do schorzenia.

**Czynnik uciążliwy** – to czynnik, którego oddziaływanie na pracującego może spowodować złe samopoczucie lub nadmierne zmęczenie, nie powoduje jednak trwałego pogorszenia stanu zdrowia.

Aby obniżyć działanie czynników niebezpiecznych, szkodliwych i uciążliwych w środowisku pracy, wdraża się system ochrony pracownika. Stosuje się ochronę zbiorową i indywidualną. Celem stosowania środków ochronnych jest obniżenie oddziaływania czynników niebezpiecznych, szkodliwych do poziomu, który nie powinien spowodować ubytku na zdrowiu pracownika.

**Środowisko pracy** to warunki środowiska materialnego (określonego czynnikami biologicznymi, chemicznymi i fizycznymi), w którym odbywa się proces pracy.

**Środki ochrony zbiorowej** to środki przeznaczone do jednoczesnej ochrony grupy ludzi, w tym także pojedynczych osób, przed niebezpiecznymi i szkodliwymi czynnikami, będące rozwiązaniami technicznymi, stosowanymi w pomieszczeniach pracy, maszynach i innych urządzeniach. Przykładem może być system wentylacji mechanicznej.

**Środki ochrony indywidualnej** są to środki przeznaczone do ochrony człowieka przed niebezpiecznymi i szkodliwymi czynnikami, które mogą występować pojedynczo lub łącznie w środowisku pracy. Przykładem może być kask chroniący przed ewentualnym oddziaływaniem pracującej nad stanowiskami suwnicy.

Głównym zadaniem służb BHP jest kształtowanie warunków pracy w taki sposób by ryzyko wykonywania pracy było na jak najniższym, akceptowalnym poziomie.

## SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Czym różni się choroba zawodowa od wypadku?
2. Jakie są rodzaje czynników pogarszających komfort pracy?
3. Jaki jest cel stosowanie środków ochronny indywidualnej?

## 2.3

## Przyrządy pomiarowe i czujnikowe

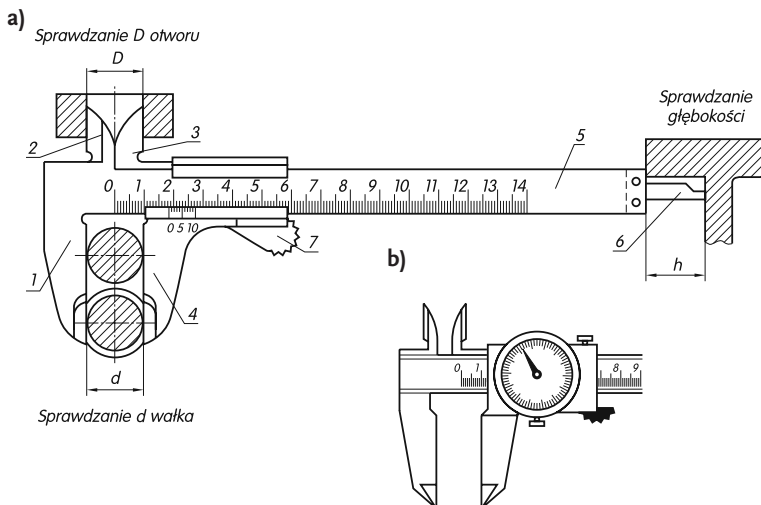
## ZAGADNIENIA

- Co zaliczamy do przyrządów pomiarowych?
- Co to jest suwmiarka?
- W jaki sposób wykonuje się pomiar suwmiarką?
- Jakie są narzędzia mikrometryczne?
- W jaki sposób wykonuje się pomiar mikrometrem?
- Co to jest czujnik zegarowy?
- Jak wykonuje się pomiar czujnikiem zegarowym?

Przyrządy pomiarowe to narzędzia uniwersalne, zwykle zawierające elementy przesuwne i umożliwiające szybkie dokonanie pomiarów. Można wśród nich wyróżnić suwmiarki i przyrządy mikrometryczne.

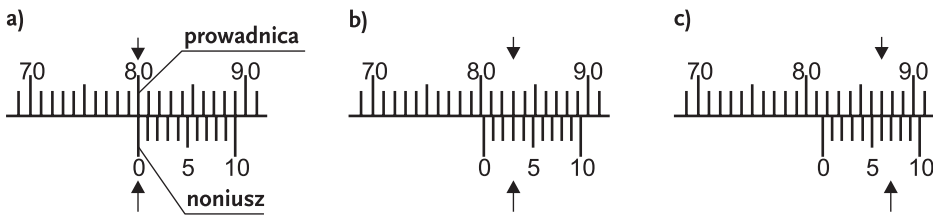
## Suwmiarka

Suwmiarka (rys. 2.8) to przyrząd pomiarowy przystosowany do pomiaru wymiarów zewnętrznych, wewnętrznych oraz głębokości (gdy ma wysuwkę głębokościomierza). W zależności od rodzaju wyposażenia suwmiarki odczyt pomiaru odbywa się za pomocą noniusza, czujnika zegarowego lub czujnika elektronicznego.



**Rys. 2.8.** Budowa i zastosowanie suwmiarki uniwersalnej: a) z noniuszem, b) z czujnikiem zegarowym  
1 i 2 – szczeka stała, 3 – szczeka przesuwna, 4 – szczeka przesuwna z noniuszem, 5 – prowadnica z podziałką główną, 6 – wysuwka, 7 – zacisk samohamowny

Pomiar suwmiarką z noniusem polega na włożeniu elementu między szczęki zewnętrzne (lub włożeniu szczęk wewnętrznych w otwór elementu), wciśnięciu zacisku samohamownego (jeżeli jest) i dosunięciu suwaka do zetknięcia płaszczyzn szczęk z krawędzią przedmiotu. Odczytu głównego dokonuje się na podziałce głównej w miejscu przekroczenia całej działki (milimetra) przez zerową kreskę noniusza. Kreska zerowa wskazuje odczyt w milimetrach. Odczyt dokładny wykonuje się przez sprawdzenie, która kreska noniusza znajduje się na przedłużeniu kreski podziałki prowadnicy (tworzy z nią jedną całość). Kreska pokrywająca podziałkę główną i noniusz daje odczyt w dziesiątych częściach milimetra.



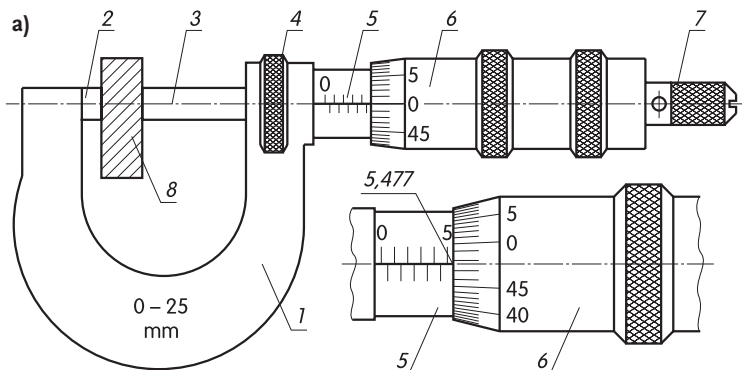
**Rys. 2.9.** Przykłady położenia noniusza względem podziałki głównej: a) odczyt 80,0 mm, b) odczyt 80,3 mm, c) odczyt 81,6 mm

Poza suwmiarkami z noniusem 0,1 mm, którego długość ma 9 mm, są stosowane również suwmiarki z noniusem 0,05 mm długości 19 mm oraz z noniusem 0,02 mm długości 49 mm.

## Mikrometry

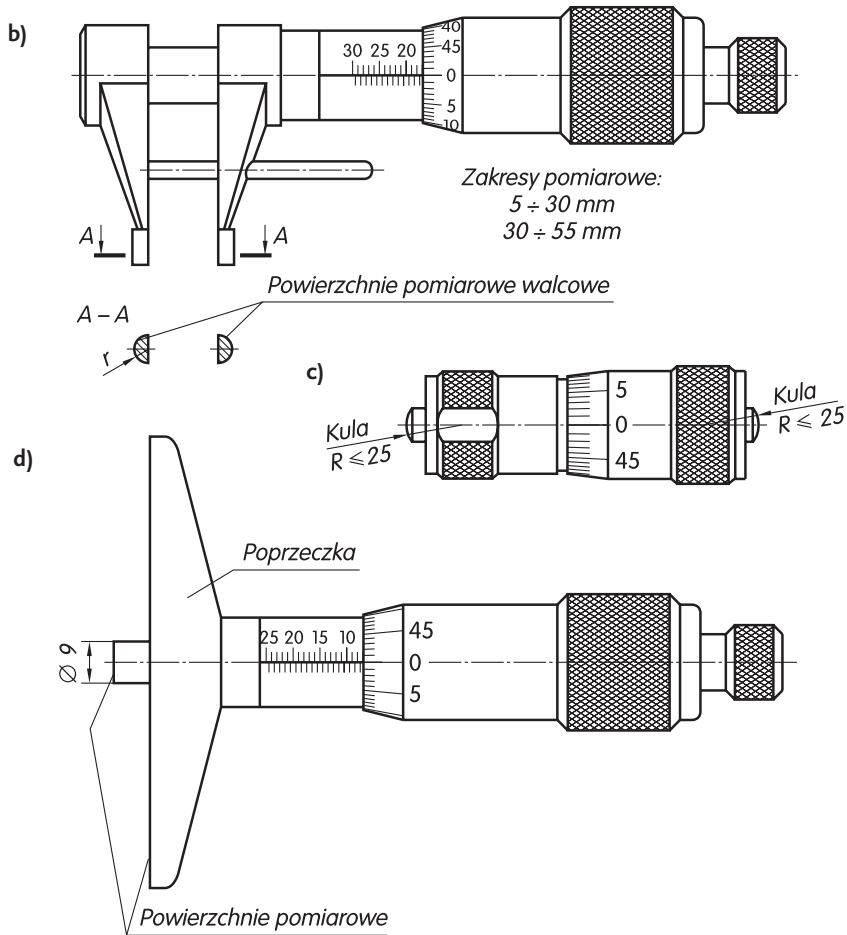
Mikrometry to przyrządy pomiarowe służące do mierzenia wymiarów geometrycznych przedmiotów z rozdzielczością sięgającą nawet 0,001 mm. Wyróżnić można mikrometry do pomiarów:

- zewnętrznych (rys. 2.10a),
- wewnętrznych (w tym średnic niewielkich otworów) (rys. 2.10b),
- średnic większych otworów, tzw. średnicówka (rys. 2.10c),
- głębokości (rys. 2.10d).



**Rys. 2.10.** Mikrometry: a) do pomiarów zewnętrznych

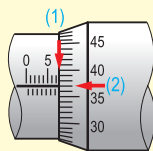
1 – kabłąk, 2 – kowadełko, 3 – wrzeciono, 4 – zacisk, 5 – podziałka wzdłużna, 6 – bęben obrotowy z podziałką o działce elementarnej 0,01 mm, 7 – sprzęgło, 8 – przedmiot mierzony



Rys. 2.10. cd. Mikrometry: b) do pomiarów wewnętrznych c) średnicówka mikrometryczna, d) głębokościomierz mikrometryczny

Pomiar mikrometrem zewnętrznym polega na włożeniu elementu mierzonego między kowadełko i wrzeciono, a następnie dociśnięciu płynnym ruchomego kowadełka za pomocą sprzęgła. Dociskanie za pomocą bębna jest niedopuszczalne. Na podziałkach wzdłużnych odczytuje się: na górnej milimetry, a na dolnej połówką milimetrów (pierwsza połówka lub druga połówka), następnie na bębnie obrotowym następuje odczyt setnych części milimetra oraz tysięcznych części milimetra, czyli mikrometrów ( $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$ ). Wartość mikrometrów odczytuje się w przypadku, kiedy żadna kreska podziałki bębna nie pokrywa się z linią osiową podziałek wzdłużnych (milimetrowej i półmilimetrowej). Dzieli się wówczas na oko działkę elementarną bębna o wartości  $0,01 \text{ mm}$  umiejscowioną na linii osiowej podziałek wzdłużnych na dziesięć części. Liczba dziesiątych części działki elementarnej bębna, leżąca np. pomiędzy linią osiową a najbliższą kreską podziałki bębna leżącej poniżej osi, jest liczbą odczytanych mikrometrów (rys. 2.11).

### Mikrometr ze skalą standardową (podziałka: 0,01 mm)

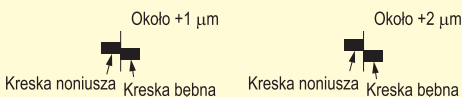


- (1) Odczyt ze skali tulei 7 mm  
(2) Odczyt ze skali bębna +0,37 mm

Odczyt z mikrometra 7,37 mm

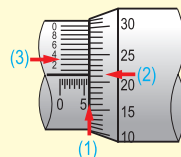
Uwaga: 0,37 mm (2) odczytano w pozycji, w której kreska wskaźnikowa pokrywa się z odpowiednią działką skali bębna.

Skala bębna może być odczytywana bezpośrednio z dokładnością 0,01 mm, jak wyżej, ale może mieć też szacowaną dokładność 0,001 mm, gdy kreski się prawie pokrywają, ponieważ grubość kresek stanowi 1/5 odstępu między nimi.



### Mikrometr ze skalą noniuszową (podziałka: 0,001 mm)

Skala noniuszowa umieszczona powyżej kreski wskaźnikowej tulei bezpośredni odczyt z dokładnością 0,001 mm.



- (1) Odczyt ze skali tulei 6,000 mm  
(2) Odczyt ze skali bębna 0,210 mm  
(3) Odczyt ze skali noniusza i bębna, gdy kreska noniusza pokrywa się z kreską bębna +0,003 mm

Odczyt z mikrometra 6,213 mm

Uwaga: 0,21 mm (2) odczytano w pozycji, w której kreska wskaźnikowa znajduje się pomiędzy dwiema działkami (w tym przypadku 21 i 22). 0,003 (3) odczytano w pozycji, gdy jedna z działek noniusza pokrywa się z jedną z działek skali bębna.

Rys. 2.11. Zasada odczytu wskazań mikrometra ze skalą standardową

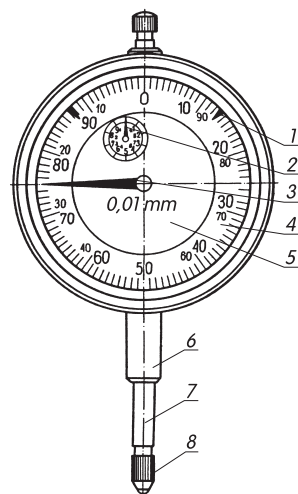
## Czujnik zegarowy

Przyrządy czujnikowe służą do mierzenia odległości w określonych zakresach, porównania mierzonych przedmiotów z wzorcami, do sprawdzenia centryczności ustawienia przedmiotu w uchwycie (np. czujnik zegarowy), równoległości prowadnic obrabiarek itp. Do przyrządów czujnikowych należą czujniki:

- zegarowe (zębate),
- dźwigniowe,
- dźwigniowo-zębate,
- dźwigniowo-śrubowe (np. transometr),
- sprężynowe (np. mikrokator).

Najczęściej używanym przyrządem czujnikowym jest czujnik zegarowy (rys. 1.12), który zmienia ruch końcówki mierniczej na ruch wskazówki. Jego działka elementarna wynosi zwykle 0,01 mm (używane są również czujniki z działką elementarną sięgającą nawet 0,001 mm).

Przykładowy pomiar czujnikiem zegarowym polega na ustawieniu pod czujnikiem wymiaru z płytek wzorcowych. Następnie czujnik i jego końcówkę pomiarową ustawia się i mocuje w takim położeniu, by wskazówka przyrządu wykonała około dwóch obrotów, po czym tarczę obraca się, aby ustawić wskazówkę w położeniu zerowym. Po takim ustawieniu czujnika usuwa się płytki wzorcowe i podstawią mierzony przedmiot. Na podziałce duża wskazówka pokazuje ewentualną odchyłkę od nastawionego wymiaru wzorca w setnych częściach milimetra, a mała wskazówka – w milimetrach. Odczytu dokonuje się z dokładnością 0,1 działki elementarnej.

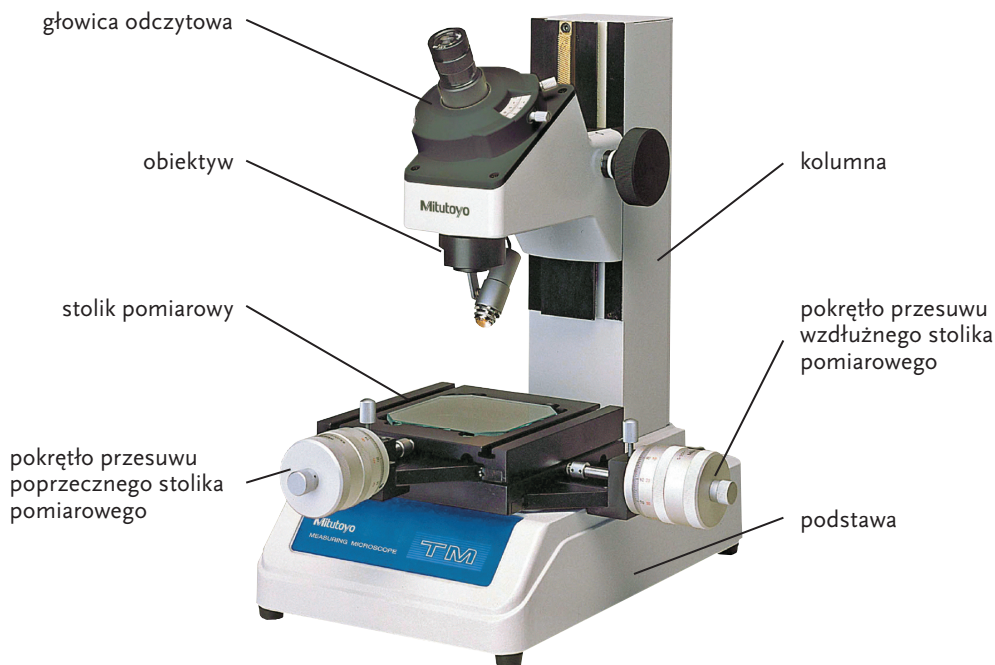


Rys. 2.12. Czujnik zegarowy

1 – wskaźnik tolerancji, 2 – mała wskazówka, 3 – duża wskazówka, 4 – podziałka obrotowa, 5 – podziałka stała, 6 – tuleja, 7 – trzpień pomiarowy, 8 – końcówka pomiarowa zakończona kulką

## Mikroskop warsztatowy

Mikroskop warsztatowy (rys. 2.13) to optyczne urządzenie pomiarowe, wykorzystywane do bezdotykowego pomiaru elementów o skomplikowanych kształtach, gwintów, kątów, promieni łuków, odległości otworów, itp. Obiektywy mikroskopów warsztatowych mają znacznie mniejsze powiększenie od mikroskopów do obserwacji biologicznych. Najczęściej stosuje się powiększenia rzędu od 1x do 5x. Mikroskopy warsztatowe produkowane są w dwóch wielkościach jako mały mikroskop warsztatowy o polu pomiarowym 25 × 50 mm i duży mikroskop warsztatowy o polu pomiarowym 50 × 150 mm.



Rys. 2.13. Budowa mikroskopu warsztatowego

### SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Co to jest suwmiarka?
2. Jak wykonuje się pomiar suwmiarką?
3. Co to jest mikrometr?
4. Jakie są rodzaje mikrometrów?
5. W jaki sposób wykonuje się pomiar mikrometrem?
6. Co to jest czujnik zegarowy?
7. Jak wykonuje się przykładowy pomiar czujnikiem zegarowym?
8. Do pomiarów jakich elementów wykorzystuje się najczęściej mikroskop warsztatowy?

### SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

1. Wykonaj za pomocą suwmiarki pomiar grubości swojej linijki (ekierki), średnicy swojego ołówka oraz grubości tego podręcznika.



# 2.4

## Tolerancje i pasowania

### ZAGADNIENIA

- Co to jest wymiar nominalny?
- Co to są wymiary graniczne i odchyłki?
- W jaki sposób można obliczyć tolerancję?
- Jakie są rodzaje tolerancji ze względu na odchyłki?
- W jaki sposób oznacza się tolerancję?
- Na czym polega pasowanie?
- Jakie są rodzaje pasowań?
- Co przedstawia zasada stałego wałka i zasada stałego otworu?

Takie pojęcia, jak wymiar nominalny, wymiary graniczne, odchyłki, tolerancje itd., są zwykle używane podczas określania rzeczywistego wymiaru wałka lub otworu.

### Wymiar nominalny

Wymiar nominalny to wymiar wyjściowy (wstępny), oznaczany literą  $D$ . W przypadku wałków i otworów wyraża ich podstawową średnicę. Względem tego wymiaru określa się wymiary graniczne i odchyłki.

### Wymiary graniczne

Wymiary graniczne dzieli się na:

- dolny wymiar graniczny, oznaczany przez  $A$ , który jest najmniejszym dopuszczalnym wymiarem przedmiotu;
- górny wymiar graniczny, oznaczany przez  $B$ , który jest największym dopuszczalnym wymiarem przedmiotu.

Wymiary graniczne tworzą przedział obustronnie domknięty, określający możliwe rzeczywiste wymiary przedmiotu:  $[A;B]$  (wymiar nominalny może, ale nie musi, znajdować się w tym przedziale).

Przykładem wymiaru nominalnego może być  $D = 10$  mm; dolny wymiar graniczny może wynosić  $A = 9,97$  mm, a górny  $B = 10,04$  mm.

W celu określenia, czy wymiary graniczne dotyczą wałka czy otworu, stosuje się oznaczenia  $A_w$  i  $B_w$  dla wałków oraz  $A_o$  i  $B_o$  dla otworów.

### Odchyłki

Odchyłki określają możliwość odchylenia od wymiaru nominalnego. Dzieli się na:

- odchyłkę górną, która jest różnicą górnego wymiaru granicznego i wymiaru nominalnego, oznaczaną przez  $ES$  lub  $es$ ;
- odchyłkę dolną, która jest różnicą dolnego wymiaru granicznego i wymiaru nominalnego, oznaczaną przez  $EI$  lub  $ei$ .

## 5.5

## Łożyska

**ZAGADNIENIA**

- Co to są łożyska?
- Jakie są rodzaje łożysk?
- Do czego są stosowane łożyska toczne i ślizgowe?

Łożyska to elementy konstrukcyjne, które służą do podtrzymywania obracających się wałów, osi lub osadzonych na nich ruchomych części. Zadaniem łożysk jest przenoszenie obciążeń z jednego elementu na drugi (np. z wału na korpus maszyny) oraz ustalenie wzajemnego położenia części przy jak najmniejszym tarcu. Ustalenie położenia osi i wałów względem korpusu maszyn nazywa się łożyskowaniem. Łożysko powinno spełniać takie wymagania, jak:

- odporność na zużycie podczas normalnych warunków pracy – duża trwałość,
- wysoka niezawodność działania,
- małe opory ruchu,
- odporność na działanie czynników zewnętrznych,
- stabilna konstrukcja.

Ze względu na występujący w łożyskach rodzaj tarcia wyróżnia się łożyska toczne i łożyska ślizgowe.

**Łożyska toczne**

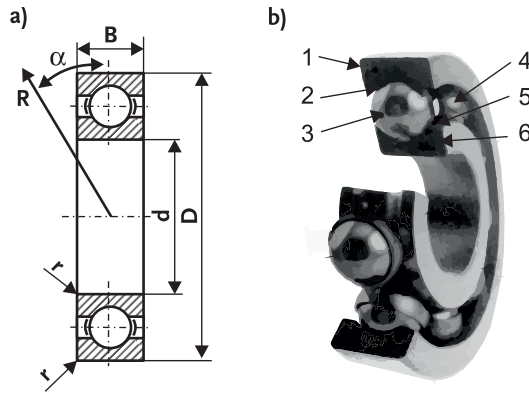
Łożyska toczne (rys. 5.50) mają elementy toczne, takie jak kulki, wałeczki, stożki, baryłki, igiełki (wałeczki o małej średnicy), które zwykle są osadzone w koszyku w celu równomiernego rozmieszczenia. Koszyk z elementami tocznymi jest umocowany pomiędzy pierścieniami zewnętrznym i wewnętrznym, w których występują bieżnie, czyli ukształtowane powierzchnie do przetaczania się elementów tocznych. Pierścień wewnętrzny jest osadzony na czopie wału, a pierścień zewnętrzny w gnieździe oprawy łożyska lub bezpośrednio w gnieździe korpusu maszyny.

W zależności od kąta nachylenia reakcji  $\alpha$  i, co za tym idzie, kierunku przenoszonego obciążenia łożyska toczne dzieli się na poprzeczne ( $\alpha$  wynosi  $0^\circ$ – $45^\circ$ ) i wzdłużne ( $\alpha$  wynosi  $45^\circ$ – $90^\circ$ ). Większość łożysk poprzecznych może przenosić również znaczne obciążenia wzdłużne (np. łożyska do iskrowników). Stosuje się także łożyska specjalne, zwane skośnymi, które są przeznaczone do przenoszenia obu rodzajów obciążeń.

Łożyska toczne można też podzielić ze względu na kształt elementów tocznych. Wyróżnia się łożyska kulkowe, walcowe, stożkowe, baryłkowe i igiełkowe.

Z uwagi na możliwości wzajemnego wychylania się pierścieni łożyska dzielą się na zwykłe, wahliwe oraz samonastawne.

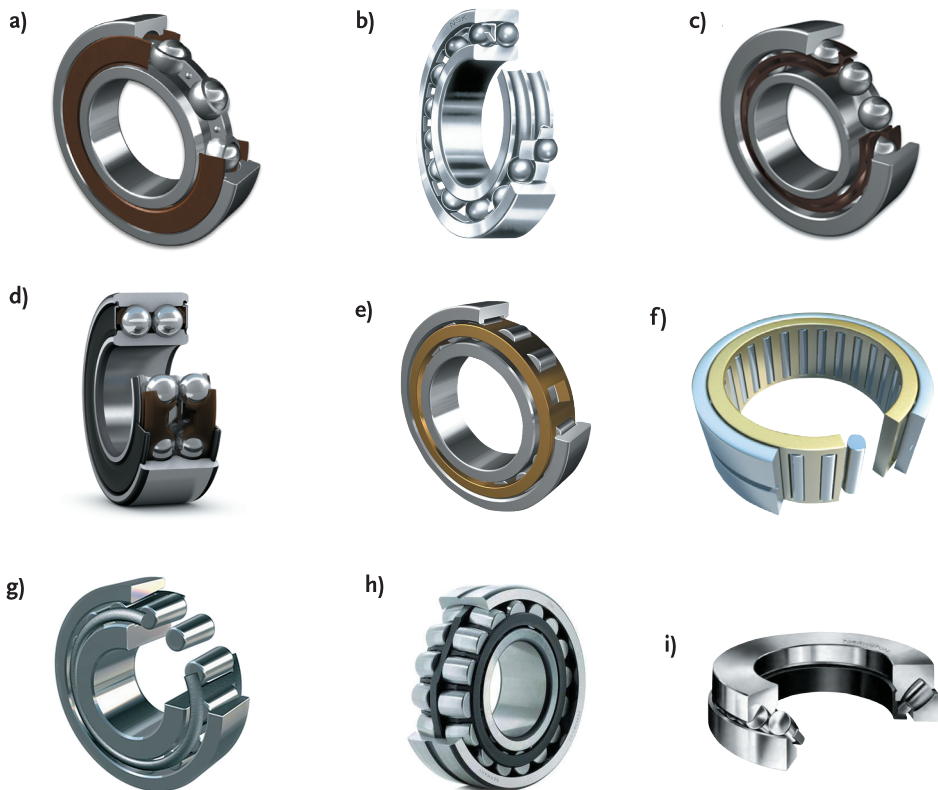
Kolejny podział łożysk tocznych dotyczy ich cech konstrukcyjnych, np. liczby rzędów (jednorzędowe, dwurzędowe, wielorzędowe), rozmieszczenia bieżni pomocniczych, uszczelek, blaszek ochronnych, kształtu powierzchni osadczych.



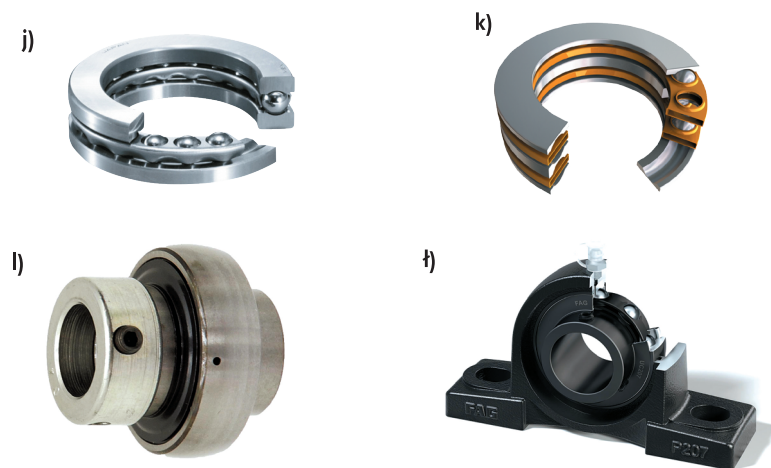
**Rys. 5.50.** Budowa łożyska tocznego: a) wymiary, b) budowa

1 – pierścień zewnętrzny, 2 – bieżnia zewnętrzna, 3 – element toczny, 4 – koszyk, 5 – bieżnia wewnętrzna, 6 – pierścień wewnętrzny,  $\alpha$  – kąt nachylenia reakcji  $R$ ,  $d$  – średnica otworu na wał,  $D$  – średnica zewnętrzna,  $B$  – szerokość łożyska,  $r$  – wymagany promień montażowy

Różne rodzaje łożysk tocznych zostały przedstawione na rys. 5.51.



**Rys. 5.51.** Podstawowe rodzaje łożysk tocznych: a) kulkowe zwykłe, b) kulkowe wahliwe, c) kulkowe skośne jednorzędowe, d) kulkowe skośne dwurzędowe, e) walcowe, f) igiełkowe, g) stożkowe, h) baryłkowe wahliwe, i) baryłkowe wzdłużne

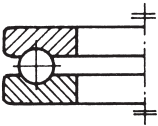

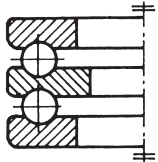

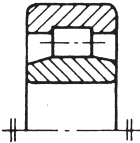

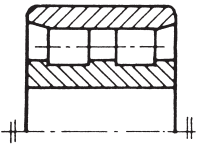

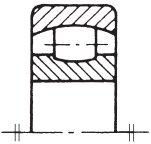

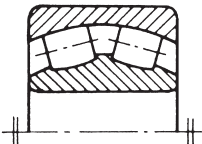

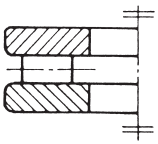
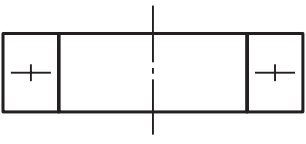


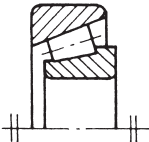

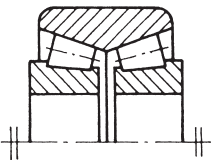
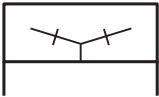
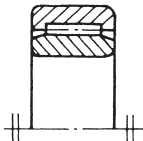
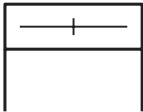
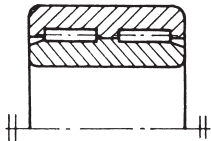
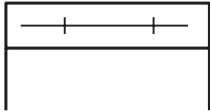
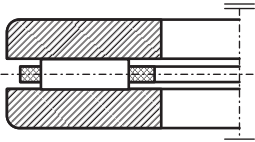

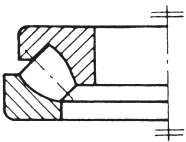

**Rys. 5.51. cd.** Podstawowe rodzaje łożysk tocznych: j) kulkowe wzdłużne jednokierunkowe, k) kulkowe wzdłużne dwukierunkowe, l) kulkowe samonastawne, ł) kulkowe samonastawne z oprawką

Rysunki techniczne oraz symbole pokazano w tab. 5.3 zgodnie z normami PN-EN ISO 8826-1 i PN-EN ISO 8826-2.

**Tab. 5.3.** Umowne i szczegółowe przedstawienie łożysk tocznych

Lp	Nazwa łożyska	Przedstawienie łożysk	
		Ilustracja	Omówienie szczegółowe
1	Kulkowe zwykłe		
2	Kulkowe wahliwe		
3	Kulkowe skośne jednorzędowe		
4	Kulkowe skośne dwurzędowe		

Lp	Nazwa łożyska	Przedstawienie łożysk	
		Ilustracja	Omówienie szczegółowe
5	Kulkowe wzdłużne jednokierunkowe		
6	Kulkowe wzdłużne dwukierunkowe		
7	Walcowe		
8	Walcowe dwurzędowe		
9	Baryłkowe jednorzędowe		
10	Baryłkowe dwurzędowe		
11	Walcowe wzdłużne		

Lp	Nazwa łożyska	Przedstawienie łożysk	
		Ilustracja	Omówienie szczegółowe
12	Stożkowe		
13	Stożkowe dwurzędowe		
14	Igietkowe		
15	Igietkowe dwurzędowe		
16	Igietkowe wzdłużne		
17	Baryłkowe wzdłużne		

Podstawowe wymiary łożysk tocznych, takie jak średnice zewnętrzne, średnice otworów, szerokości oraz wysokości (dla łożysk wzdłużnych), są ujęte w normach PN-ISO 15:2002 i PN-75/M-86404.

Oznaczenie łożysk tocznych występuje w Polsce jako symbol cyfrowy lub symbol literowo-cyfrowy. Symbol określa kolejno:

- rodzaj łożyska;
- odmianę wymiarową zawierającą odmiany średnicowe (do średnicy otworu  $d$  dobiera się średnicę zewnętrzną  $D$ );
- odmianę szerokości łożyska (w niektórych przypadkach łożysk poprzecznych) jako stosunek szerokości  $B$  do średnicy otworu  $d$ ;
- odmianę wysokości (w niektórych przypadkach łożysk wzdłużnych) jako stosunek wysokości  $H$  do średnicy otworu  $d$ ;
- średnicę otworu łożyska;
- odmiany konstrukcyjne.

Tab. 5.4. Symbole rodzajów łożysk tocznych [PN]

Rodzaj łożyska		Symbol
Poprzeczne	kulkowe zwykłe	6, 16
	kulkowe dwurzędowe	4
	kulkowe wahliwe	1, 2
	kulkowe do iskrowników	E, B <sub>o</sub> , L, M
	kulkowe skośne jednorzędowe	7
	kulkowe skośne dwurzędowe	3
	kulkowe z dzielonym pierścieniem zewnętrznym	Q
	kulkowe z dzielonym pierścieniem wewnętrznym	QJ
	walcowe jednorzędowe	NU
	walcowe dwurzędowe	NN
	walcowe wielorzędowe	NNU
	igiełkowe	NA, RNA
	stożkowe	3
	baryłkowe jednorzędowe	2
	baryłkowe dwurzędowe	2
Wzdłużne	kulkowe jednokierunkowe	5
	kulkowe dwukierunkowe	5
	kulkowe kątowe dwukierunkowe	23
	baryłkowe	2
	walcowe	8

Tab. 5.5. Symbole odmian wymiarowych łożysk tocznych [PN]

Odmiana średnicowa	Symbol
szczególnie lekka	7, 8, 9
bardzo lekka	0
lżejsza	1
lekka	2
średnia	3
ciężka	4
bardzo ciężka	5



Tab. 5.6. Symbole odmian szerokości poprzecznych łożysk tocznych [PN]

Odmiana szerokości	Symbol
bardzo wąska	8
wąska	0
normalna	1
szeroka	2
bardzo szeroka	3, 4, 5, 6

Tab. 5.7. Symbole odmian wysokości wzdłużnych łożysk tocznych [PN]

Odmiana wysokości	Symbol
bardzo niska	7
niska	9
normalna	1, 2

Tab. 5.8. Symbole średnic otworu łożyska [PN]

Średnica otworu [mm]	Symbol
< 10	cyfra pojedyncza odpowiadająca średnicy (np. 5 oznacza $d = 5$ mm)
10	00
12	01
15	02
17	03
20	04
25	05
30	06
...	... symbol pomnożony przez 5 określa średnicę
480	96
$\geq 500$	liczba odpowiadająca średnicy, pisana za kreską ułamkową po znaku serii

Tab. 5.9. Symbole wybranych odmian konstrukcyjnych łożyska [PN]

Odmiany konstrukcyjne	Symbol
uszczelka gumowa z jednej strony	RS
uszczelki gumowe z obu stron	2RS
blaszka ochronna z jednej strony	Z
blaszki ochronne z obu stron	ZZ, 2Z
otwór stożkowy	K
otwór walcowy	brak litery K
większa nośność łożyska	E

Przykłady oznaczeń łożysk tocznych:

- 625 – seria: 62, łożysko kulkowe zwykłe – 6, odmiana średnicowa lekka – 2, średnica otworu 5 mm – 5;
- 6315-2Z – seria: 63, łożysko kulkowe zwykłe – 6, odmiana średnicowa średnia – 3, średnica otworu 75 mm – 15, blaszki ochronne z obu stron – 2Z;
- 2217K – seria: 22, łożysko kulkowe wahliwe – 2, odmiana średnicowa lekka – 2, średnica otworu 85 mm – 17, otwór stożkowy – K;
- QJ 213 – seria: QJ2, łożysko kulkowe z dzielonym pierścieniem wewnętrznym – QJ, odmiana średnicowa lekka – 2, średnica otworu 65 mm – 13;
- 29318 – seria: 293, łożysko baryłkowe wzdłużne – 2, odmiana wysokości niska – 9, odmiana średnicowa średnia – 3, średnica otworu 90 mm – 18;
- 30309 – seria: 303, łożysko stożkowe – 3, odmiana szerokości wąska – 0, odmiana średnicowa średnia – 3, średnica otworu 45 mm – 09.

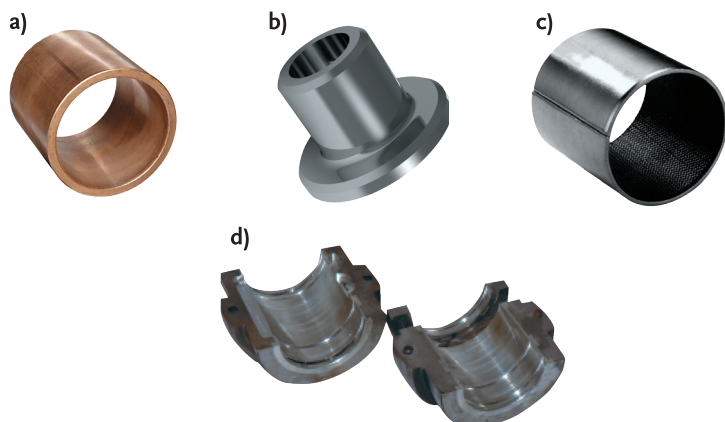
Łożyska toczne muszą być odpowiednio dobrane przez konstruktora według rodzaju oraz trwałości.

Zastosowanie łożysk tocznych:

- w celu uzyskania bardzo małych oporów ruchu w czasie pracy, zwłaszcza podczas rozruchu;
- przy zmiennych prędkościach obrotowych wałów;
- przy dużych i bardzo dużych prędkościach obrotowych;
- przy częstym zatrzymywaniu i ponownym uruchamianiu maszyny;
- gdy wymagane są niezawodność i trwałość łożyska;
- gdy konieczne jest stosowanie łożysk o małych wymiarach wzdłużnych.

## Łożyska ślizgowe

Łożyska ślizgowe charakteryzują się tym, że posiadają panewkę (rys. 5.52), w której jest osadzony czop wału. Panewka może być powierzchnią otworu w korpusie (rys. 5.53) lub stanowić oddzielną część. W czasie pracy czop ślizga się po powierzchni panewki, dlatego w tych łożyskach występuje tarcie ślizgowe.



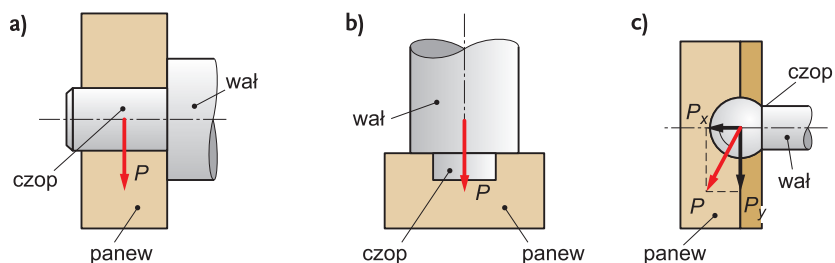
**Rys. 5.52.** Przykłady panewek łożysk ślizgowych: a) gładka, b) z kołnierzem, c) zwijana z blachy, d) dzielona



**Rys. 5.53.** Przykłady korpusów łożysk ślizgowych: a) oczkowy, b) kołnierzowy, c) dzielony

Ze względu na kierunek obciążeń łożyska ślizgowe dzieli się na:

- poprzeczne – przenoszące obciążenia prostopadłe do osi czopu (rys. 5.54a);
- wzdłużne – przenoszące obciążenia równoległe do osi czopu (rys. 5.54b);
- poprzeczno-wzdłużne – przenoszące zarówno obciążenia prostopadłe, jak i równoległe do osi czopu (rys. 5.54c).



**Rys. 5.54.** Schematy obciążenia łożysk ślizgowych: a) poprzeczne, b) wzdłużne, c) poprzeczno-wzdłużne

Łożyska ślizgowe można również podzielić ze względu na możliwość wychylenia panewki względem korpusu. Wyróżnia się łożyska:

- stałe – panew została zamocowana na sztywno w korpusie;
- wahliwe – panew jest wahliva i dopasowuje się do położenia czopu.

Łożyska z panewkami wahlowymi są trwalsze i lepsze od łożysk z panewkami stałymi, ponieważ czop równomiernie naciska na powierzchnię panewki.

Tarcie ślizgowe w łożyskach może być suche (brak smarowania na styku powierzchni), płynne (warstwa smaru uniemożliwia styk powierzchni) lub mieszane (warstwa smaru częściowo zabezpiecza przed stykiem powierzchni). Ze względu na najlepsze warunki pracy łożyska najbardziej korzystne jest tarcie płynne, ale w praktyce najczęściej występuje tarcie mieszane.

Kolejnym kryterium podziału łożysk ślizgowych jest sposób podawania smaru do łożyska. Wyróżnia się łożyska:

- hydrostatyczne – środek smarujący jest podawany pod ciśnieniem;
- hydrodynamiczne – warstwa cieczy smarnej powstaje w wyniku ruchu czopu względem panewki.

Najczęściej stosowane jest smarowanie hydrodynamiczne, podczas którego w sprzyjających warunkach pracy (duża prędkość obrotowa wału, odpowiednia ilość smaru, luz między czopem i panewką) tworzy się tzw. klin smarowy rozdzielający powierzchnię czopu od powierzchni panewki.

Ze względu na konsystencję wyróżnia się smary stałe (dwusiarczek molibdenu, sproszkowany grafit, talk), plastyczne (oleje mineralne zagęszczone mydłami wapniowymi, sodowymi lub potasowymi) i płynne (oleje mineralne wrzecionowe, maszynowe i cylindrowe). Podczas doboru smarów należy korzystać z katalogów producentów smarów lub z normy PN-C-96070:1985.

W zależności od rodzaju środka smarowniczego oraz jego ilości wyróżnia się smarowanie:

- obiegowe – smar jest w stałym obiegu;
- przelotowe – smar przepływa przez łożysko;
- zanurzeniowe – łożysko jest zanurzone w środku smarnym.

Do smarowania łożysk ślizgowych stosuje się smarownice: kapturowe i dociskowe sprężynowe dla smarów plastycznych, knotowe lub igłowe do przelotowego smarowania smarem płynnym. W przypadku smarowania obiegowego smar podaje się pod ciśnieniem lub używa się pierścieni smarujących (zanurzonych w smarze).

Zastosowanie łożysk ślizgowych:

- do przenoszenia bardzo dużych obciążeń (do kilku MN) i obciążeń udarowych;
- do tłumienia drgań wału;
- gdy wymagana jest cichobieżność łożyska;
- do wielkich czopów;
- w urządzeniach mechaniki precyzyjnej;
- w razie konieczności stosowania łożysk (panewek) dzielonych.

## SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

2. Jakie wymagania powinno spełniać łożysko?
3. Scharakteryzuj budowę łożyska tocznego.
4. Wymień przykładowe rodzaje łożysk tocznych.
5. Wyjaśnij zasadę oznaczania łożysk tocznych.
6. Podaj zastosowanie łożysk tocznych.
7. Scharakteryzuj budowę łożyska ślizgowego.
8. Jaka jest różnica pomiędzy stałym a wahlowym łożyskiem ślizgowym?
9. Jaki rodzaj tarcia i smarowania występuje w łożyskach ślizgowych?
10. Podaj zastosowanie łożysk ślizgowych.



## SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

1. Na podstawie oznaczeń scharakteryzuj podane łożyska toczne:
  - a) NN3122
  - b) 6204-2Z
  - c) 30305

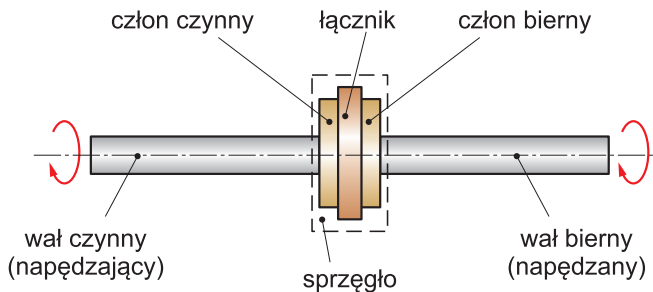
# 5.6

## Sprzęgła

### ZAGADNIENIA

- Co to są sprzęgła?
- Jakie są rodzaje sprzęgieł?

Sprzęgło to urządzenie przeznaczone do połączenia wału napędowego (czynnego) z wałem wykonawczym (biernym) w celu przeniesienia napędu bez zmiany parametrów ruchu (mocy, momentu, prędkości obrotowej, kierunku, zwrotu). Składa się z członu czynnego osadzonego na wale napędowym, członu biernego osadzonego na wale wykonawczym i łącznika, który spaja oba człony (rys. 5.55). W zależności od rodzaju łącznika, który może być elementem mechanicznym (śruba, kołek, wpust), elektrycznym (elektromagnes) lub hydraulicznym (ciecz), wyróżnia się sprzęgła mechaniczne, elektromagnetyczne oraz hydrauliczne.



Rys. 5.55. Ogólny schemat sprzęgła

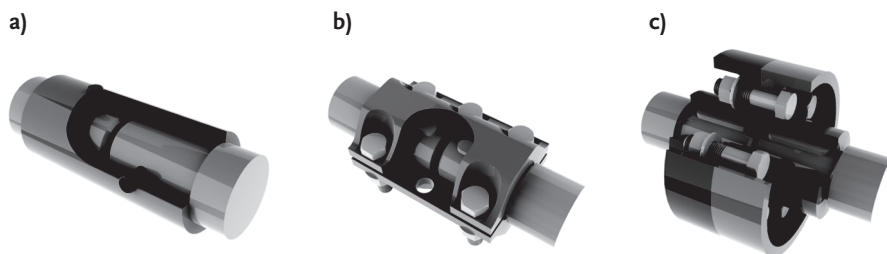
W zależności od zastosowania sprzęgła mechaniczne dzieli się na:

- nierozłączne,
- sterowane,
- samoczynne.

### Sprzęgła nierozłączne

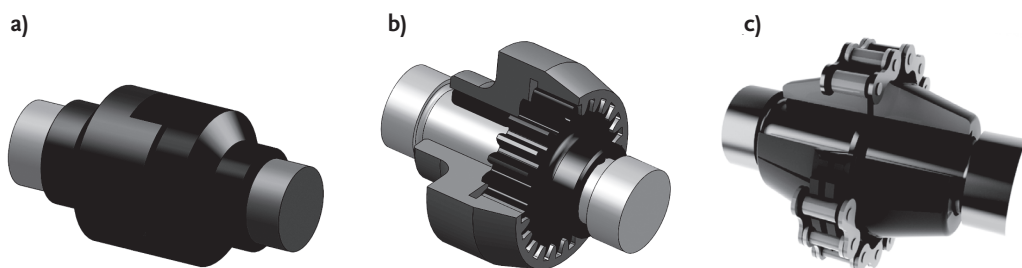
W sprzęgłach nierozłącznych człon czynny jest połączony z członem biernym na stałe. Wyróżnia się sprzęgła nierozłączne:

- sztywne – uniemożliwiają przesunięcie względne między członami (np. sprzęgła tulejowe, łubkowe i kołnierzowe – rys. 5.56);

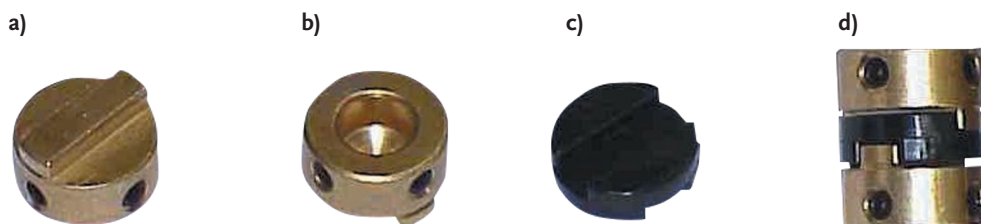


**Rys. 5.56.** Sprzęgła nierozłączne sztywne: a) tulejowe kołkowe, b) łukkowe śrubowe, c) kołnierzowe z obrzeżami ochronnymi

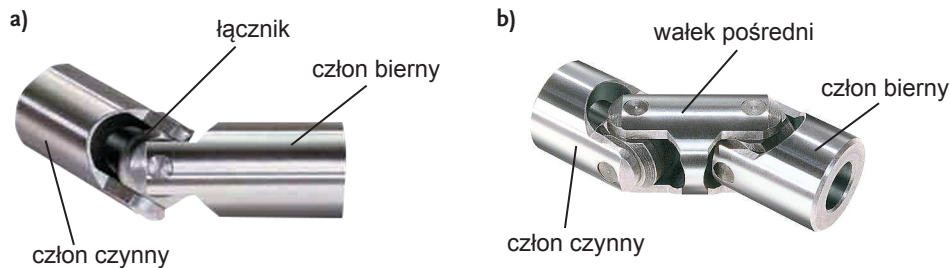
- samonastawne – umożliwiają niewielkie przesunięcie wzdłużne, poprzeczne i kątowe między członami (np. sprzęgła kłowe, zębate, łańcuchowe – rys. 5.57, sprzęgło Oldhama – rys. 5.58, sprzęgło Cardana – rys. 5.59 oraz sprzęgło kulkowe);



**Rys. 5.57.** Sprzęgła nierozłączne samonastawne: a) kłowe, b) zębate, c) łańcuchowe

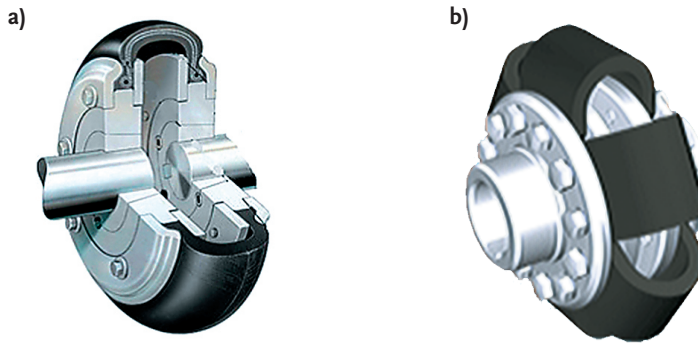


**Rys. 5.58.** Sprzęgło Oldhama: a) człon czynny i bierny, b) łącznik, c) widok sprzęgła

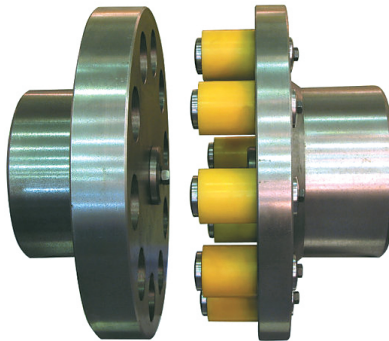


**Rys. 5.59.** Sprzęgło Cardana: a) budowa sprzęgła, b) sprzęgło z dwoma przegubami i wałkiem pośrednim

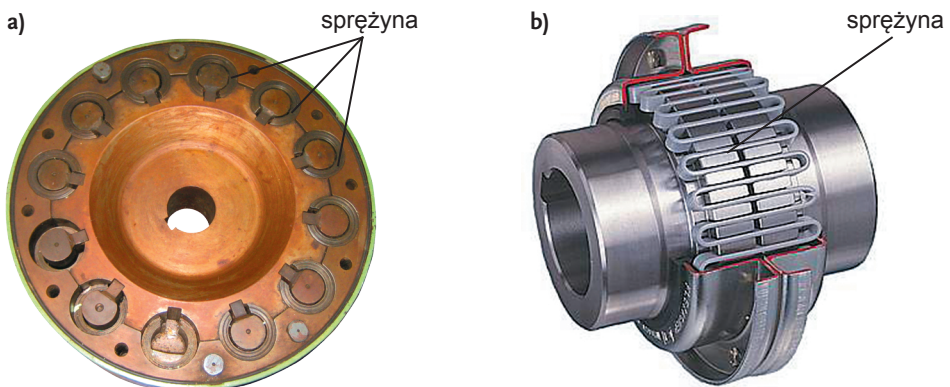
- podatne – niwelują drgania i zabezpieczają przed utratą współosiowości wałów (np. sprzęgła kabłąkowe inaczej oponowe – rys. 5.60, wkładkowe tulejkowe inaczej palcowe – rys. 5.61 i sprężynowe – rys. 5.62).



Rys. 5.60. Sprzęgło kabłąkowe: a) z oponą, b) z odcinkami taśmy gumowej



Rys. 5.61. Sprzęgło wkładkowe tulejkowe



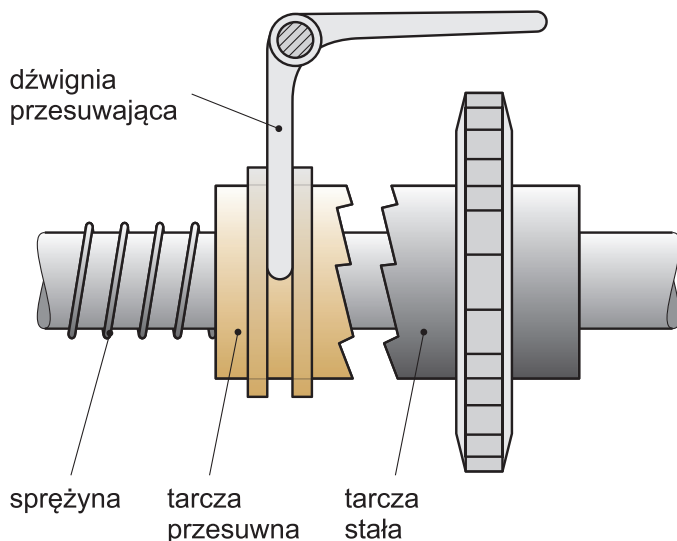
Rys. 5.62. Sprzęgło sprężynowe: a) z rozciętym pierścieniem, b) ze sprężyną wężykową



## Sprzęgła sterowane

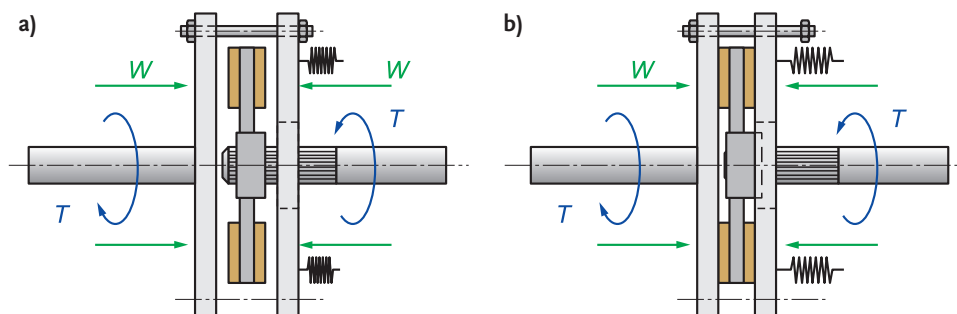
W sprzęgłach sterowanych istnieje możliwość łączenia i rozłączania członów w czasie ruchu. Wyróżnia się sprzęgła sterowane:

- synchroniczne – łączenie i rozłączanie następuje przy równych i zbliżonych prędkościach obrotowych (np. sprzęgła kłowe – rys. 5.63 i zębate);



Rys. 5.63. Schemat konstrukcji sprzęgła kłowego synchronicznego

- asynchroniczne – łączenie i rozłączanie następuje przy różnych prędkościach obrotowych (np. sprzęgła cierne tarczowe – rys. 5.64, cierne wielopłytkowe i cierne stożkowe).



Rys. 5.64. Zasada pracy sprzęgła cierne tarczowego: a) sprzęgło w spoczynku, b) sprzęgło w stanie pracy

## Sprzęgła samoczynne

W sprzęgłach samoczynnych łączenie i rozłączanie członów dokonuje się w przypadku zmiany momentu obrotowego lub kierunku obrotów. Wyróżnia się sprzęgła samoczynne:

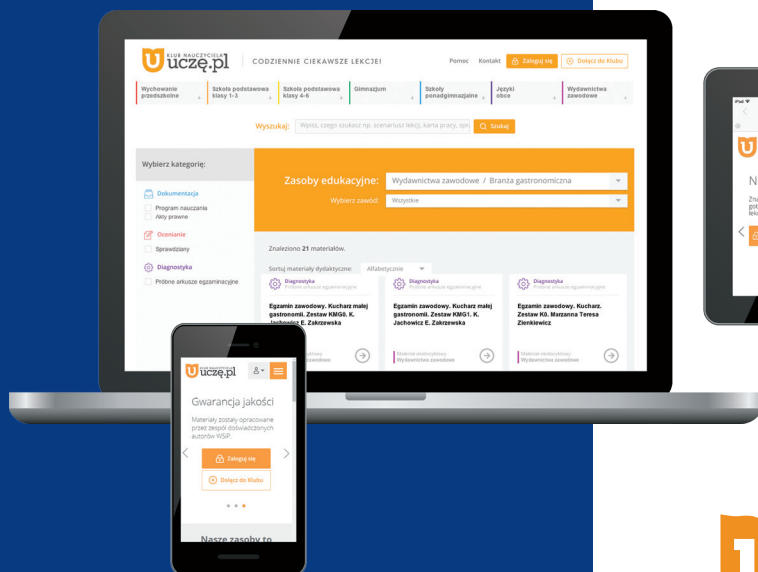
- odśrodkowe – łączenie i rozłączanie następuje po osiągnięciu określonej wartości momentu obrotowego pod wpływem siły odśrodkowej (rys. 5.65);

# Klub Nauczyciela **uczę.pl** cenną pomocą dydaktyczną!



## Co można znaleźć w Klubie Nauczyciela?

- podstawy programowe
- programy nauczania
- materiały metodyczne: rozkłady materiału, plany nauczania, plany wynikowe, scenariusze przykładowych lekcji
- materiały dydaktyczne i ćwiczeniowe
- klucze odpowiedzi do zeszytów ćwiczeń





System Certyfikacji Zawodowych WSiP

Profesjonalny i kompleksowy system kształcenia i certyfikacji  
w obszarze uczenia się przez całe życie – *lifelong learning*.

# Wyróżnij się zawodowo!

## Kursy:

- zawodowe
- języków obcych zawodowych (angielski, niemiecki)  
z różnych branż

## Walidacja i certyfikacja kompetencji zawodowych

- Zawody wpisane do Międzynarodowego Standardu Klasyfikacji Zawodów ISCO
- Umiejętności zawodowe najbardziej poszukiwane na rynku pracy w Polsce i Europie
- Najpopularniejsze branże i zawody
- Profesjonalne materiały edukacyjne opracowane przez lidera rynku publikacji zawodowych w Polsce
- Sieć akredytowanych placówek szkoleniowych i egzaminacyjnych
- Akredytowani wykładowcy i egzaminatorzy

Więcej informacji na stronie [www.certup.pl](http://www.certup.pl)



WYDAWNICTWA  
SZKOLNE  
i PEDAGOGICZNE

wsip.pl | infolinia: 801 220 555 |