



# **3** Podstawy konstrukcji maszyn

Wydawnictwo WNT



# **3** Podstawy konstrukcji maszyn

## **Autorzy**

Tadeusz Kacperski

Andrzej Krukowski

Sylwester Markusik

Włodzimierz Ozimowski

# 3 Podstawy konstrukcji maszyn

pod redakcją  
**Marka Dietricha**

Wydawnictwo WNT 

Redaktorzy WNT:  
*Elżbieta Czarzasta*  
*Ewa Kiliś*  
*Halina Wierzbicka*

Wydawca:  
*Karol Zawadzki*

Projekt okładki i stron tytułowych: *Grafos*  
Ilustracja na okładce: *Artem\_Egorov/iStock*  
Skład i łamanie: *Małgorzata Broszkiewicz*

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś 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*

Wydanie pierwsze ukazało się w czterech tomach publikowanych w latach 1986–1991 nakładem Państwowego Wydawnictwa Naukowego.

Copyright © by Wydawnictwo WNT  
Warszawa 1999, 2015  
Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA  
Warszawa 2017

ISBN 978-83-01-19121-4 (t. 1–3)  
ISBN 978-83-01-19119-1 (t. 3)

Wydanie III – 1 dodruk (PWN)  
Warszawa 2017

Wydawnictwo Naukowe PWN SA  
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2  
tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288  
infolinia 801 33 33 88  
e-mail: [pwn@pwn.com.pl](mailto:pwn@pwn.com.pl); [reklama@pwn.pl](mailto:reklama@pwn.pl)  
[www.pwn.pl](http://www.pwn.pl)

Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp. z o.o.

# Spis treści

## 1. Sprzęgła – 11

*Sylwester Markusik*

- 1.1. Wiadomości podstawowe – 11
  - 1.1.1. Określenia i podział – 11
  - 1.1.2. Dobór sprzęgieł – 12
- 1.2. Sprzęgła nierozłączne – 15
  - 1.2.1. Sprzęgła sztywne – 15
  - 1.2.2. Sprzęgła samonastawne – 22
    - 1.2.2.1. Sprzęgła kątowe (przegubowe) – 23
    - 1.2.2.2. Sprzęgła uniwersalne – 31
  - 1.2.3. Sprzęgła podatne – 47
    - 1.2.3.1. Charakterystyki sprzęgieł podatnych – 47
    - 1.2.3.2. Współpraca sprzęgła podatnego z maszyną – 52
    - 1.2.3.3. Rozwiązania konstrukcyjne – 58
    - 1.2.3.4. Obliczenia konstrukcyjne – 66
    - 1.2.3.5. Dobór sprzęgieł podatnych – 76
- 1.3. Sprzęgła sterowane – 77
  - 1.3.1. Sprzęgła sterowane mechanicznie – 77
    - 1.3.1.1. Sprzęgła przełączane synchronicznie – 77
    - 1.3.1.2. Sprzęgła przełączane asynchronicznie – 82
  - 1.3.2. Sprzęgła indukcyjne sterowane elektromagnetycznie – 103
    - 1.3.2.1. Zasada działania – 103
    - 1.3.2.2. Rozwiązania konstrukcyjne – 108
- 1.4. Sprzęgła samoczynne – 113
  - 1.4.1. Sprzęgła mechaniczne – 113
    - 1.4.1.1. Sprzęgła odśrodkowe – 113
    - 1.4.1.2. Sprzęgła bezpieczeństwa – 126
    - 1.4.1.3. Sprzęgła jednokierunkowe – 143
- 1.5. Sprzęgła hydrokinetyczne – 158
  - 1.5.1. Zasada działania – 158
  - 1.5.2. Charakterystyki sprzęgieł hydrokinetycznych – 161

- 1.5.3. Bilans cieplny sprzęgieł hydrokinetycznych – 168
- 1.5.4. Współpraca sprzęgieł hydrokinetycznego z maszyną roboczą – 170
- 1.5.5. Rozwiązania konstrukcyjne – 173
- 1.5.5.1. Ogólna klasyfikacja sprzęgieł hydrokinetycznych – 173
- 1.5.5.2. Sprzęgia o stałej charakterystyce – 173
- 1.5.5.3. Sprzęgia z regulowanymi charakterystykami – 177
- 1.5.6. Dobór sprzęgieł hydrokinetycznych – 179
- Bibliografia – 183

## 2. Hamulce – 184

*Sylwester Markusik*

- 2.1. Wiadomości podstawowe – 184
- 2.2. Hamulce promieniowe – 185
- 2.2.1. Hamulce klockowe – 185
- 2.2.1.1. Kinematyka hamulców klockowych – 185
- 2.2.1.2. Rozwiązania konstrukcyjne – 190
- 2.2.1.3. Elementy hamulców – 193
- 2.2.1.4. Obliczenia konstrukcyjne – 200
- 2.2.1.5. Nagrzewanie hamulców – 206
- 2.2.1.6. Dobór hamulców klockowych – 207
- 2.2.2. Hamulce taśmowe – 208
- 2.3. Hamulce osiowe (tarczowe) – 213
- 2.3.1. Kinematyka hamulców osiowych – 213
- 2.3.2. Rozwiązania konstrukcyjne – 216
- 2.4. Hamulce specjalne – 220
- 2.4.1. Hamulce osiowe wbudowane w silniki elektryczne – 220
- 2.4.2. Hamulce odśrodkowe – 222
- 2.4.3. Hamulce hydrokinetyczne – 223
- Bibliografia – 225

## 3. Przekładnie zębate – 226

*Andrzej Krukowski* (p. 3.1, 3.2, 3.8, 3.10)

*Włodzimierz Ozimowski* (p. 3.3÷3.7, 3.9)

- 3.1. Wprowadzenie do problematyki przekładni zębatych – 226
- 3.1.1. Zasada działania i klasyfikacja przekładni zębatych – 226
- 3.1.2. Zakres zastosowań i współczesne tendencje rozwoju – 231
- 3.2. Podstawowe pojęcia z geometrii i kinematyki zazębienia – 237
- 3.2.1. Koła zębate walcowe o zębach prostych – 237
- 3.2.1.1. Podstawowe pojęcia i wymiary – 237
- 3.2.1.2. Podstawowe prawo zazębienia – 243
- 3.2.1.3. Zarys zęba – 247
- 3.2.1.4. Zarys ewolwentowy – 247
- 3.2.1.5. Współpraca zarysów ewolwentowych, punkt przyporu, linia przyporu, odcinek przyporu – 251
- 3.2.1.6. Wskaźnik zazębienia – 252
- 3.2.1.7. Przegląd metod obróbki kół zębatych – 253
- 3.2.1.8. Graniczna liczba zębów – 255
- 3.2.1.9. Graniczne wartości współczynników przesunięcia zarysu – 259

- 3.2.1.10. Grubość zęba z przesunięciem zarysu mierzona na okręgu podziałowym – 260
- 3.2.1.11. Grubość zęba na dowolnym okręgu – 262
- 3.2.1.12. Przesunięcie zarysów – 262
- 3.2.2. Koła zębate walcowe o zębach śrubowych (skośnych) – 268
  - 3.2.2.1. Podstawowe wymiary geometryczne – 268
  - 3.2.2.2. Czołowy i normalny kąt zarysu, linia zęba, kąt pochylenia linii zęba – 270
  - 3.2.2.3. Zastępcza liczba zębów – 272
  - 3.2.2.4. Graniczna liczba zębów – 273
  - 3.2.2.5. Przesunięcie zarysów – 274
  - 3.2.2.6. Wskaźnik zazębienia – 274
  - 3.2.2.7. Koła zębate walcowe daszkowe – 276
- 3.2.3. Koła zębate walcowe o kołowołukowym zarysie zębów – 277
  - 3.2.3.1. Uwagi wstępne – 277
  - 3.2.3.2. Szczególne cechy zazębienia Nowikowa – 279
  - 3.2.3.3. Podstawowe wymiary geometryczne – 282
  - 3.2.3.4. Zalety i wady przekładni z zarysem kołowołukowym zębów – 283
- 3.2.4. Koła zębate stożkowe – 284
  - 3.2.4.1. Wiadomości podstawowe – 284
  - 3.2.4.2. Stożki podziałowe i czołowe (dopełniające). Koła zastępcze – 290
  - 3.2.4.3. Graniczna liczba zębów. Przesunięcie zarysów kół stożkowych – 293
  - 3.2.4.4. Cechy geometryczne kół stożkowych o zębach prostych – 293
  - 3.2.4.5. Odmiiany szczególne kół stożkowych o zębach prostych – 297
  - 3.2.4.6. Podstawowe wymiary kół stożkowych o zębach skośnych i łukowych – 299
- 3.2.5. Ogólne wiadomości o przekładniach śrubowych – 304
  - 3.2.5.1. Rodzaje, właściwości i zastosowanie – 304
  - 3.2.5.2. Przekładnie śrubowe walcowe – 306
- 3.3. Obciążenia zębów – 308
  - 3.3.1. Nominalna siła międzyzębna w kołach walcowych – 308
  - 3.3.2. Obciążenia zewnętrzne, wyznaczenie współczynnika przeciążenia  $K_A$  – 310
  - 3.3.3. Obciążenia wewnętrzne, wyznaczenie współczynnika sił dynamicznych  $K_v$  – 317
    - 3.3.3.1. Metoda A – 318
    - 3.3.3.2. Metoda B – 318
    - 3.3.3.3. Metoda C – 328
  - 3.3.4. Rozkład obciążenia zęba wzdłuż szerokości koła. Wyznaczenie współczynników  $K_{H\beta}$ ,  $K_{F\beta}$  i  $K_{B\beta}$  – 329
    - 3.3.4.1. Efektywny błąd przylegania zębów  $F_{\beta y}$  dla kół z niemodyfikowaną linią zębów – 333
    - 3.3.4.2. Efektywny błąd przylegania zębów  $F_{\beta y}$  dla kół z modyfikowaną linią zębów – 346
    - 3.3.4.3. Obliczanie współczynników  $K_{H\beta}$ ,  $K_{F\beta}$  i  $K_{B\beta}$  nierównomiernego rozkładu obciążenia wzdłuż szerokości koła – 349
  - 3.3.5. Rozkład wypadkowej siły międzyzębnej na współpracujące pary zębów w przekroju czołowym – 352
    - 3.3.5.1. Wyznaczanie współczynników  $K_{H\alpha}$ ,  $K_{F\alpha}$ ,  $K_{B\alpha}$  metodą B – 353
    - 3.3.5.2. Wyznaczanie współczynników  $K_{H\alpha}$ ,  $K_{F\alpha}$ ,  $K_{B\alpha}$  metodą przybliżoną (metodą C) – 354
    - 3.3.5.3. Wpływ kąta pochylenia zębów na zjawisko zatarcia; wyznaczenie współczynnika  $K_{B\gamma}$  – 354
- 3.4. Obliczenia wytrzymałościowe walcowych kół zębatych – 355
  - 3.4.1. Uwagi wstępne – 355
  - 3.4.2. Warunek wytrzymałościowy dla zmęczenia powierzchniowego – 357



- 3.4.2.1. Naprężenia na powierzchni styku – 357
- 3.4.2.2. Naprężenia dopuszczalne  $\sigma_{HP}$  na powierzchni styku zębów – 363
- 3.4.2.3. Stykowa wytrzymałość zmęczeniowa  $\sigma_{Hlim}$  materiałów kół zębatych – 370
- 3.4.3. Warunek wytrzymałościowy dla złamania zmęczeniowego – 373
- 3.4.3.1. Naprężenia obliczeniowe w stopie zęba – 373
- 3.4.3.2. Naprężenia dopuszczalne  $\sigma_{FP}$  dla złamania zmęczeniowego – 382
- 3.4.3.3. Wytrzymałość zmęczeniowa przy zginaniu  $\sigma_{Flim}$  dla materiałów kół zębatych – 389
- 3.4.4. Sprawdzenie warunku zatarcia – 392
- 3.4.4.1. Wyznaczenie temperatury chwilowej na powierzchni zęba – 394
- 3.4.4.2. Wyznaczenie temperatury  $T_M$  powierzchni zęba przed wejściem w obszar obciążenia – 406
- 3.4.4.3. Kryterium zatarcia oparte na maksymalnej temperaturze styku – 408
- 3.4.4.4. Kryterium zatarcia oparte na średniej temperaturze styku – 408
- 3.4.4.5. Temperatura zatarcia – 409
- 3.4.4.6. Współczynnik bezpieczeństwa przy zatarciu – 412
- 3.4.5. Wstępny dobór wymiarów kół walcowych; uwagi dotyczące obliczeń wytrzymałościowych – 413
- 3.5. Obliczenia wytrzymałościowe kół stożkowych – 418
- 3.5.1. Wprowadzenie – 418
- 3.5.1.1. Wyznaczenie parametrów kół zastępczych występujących w obliczeniach wytrzymałościowych – 418
- 3.5.2. Obciążenie zębów kół stożkowych – 424
- 3.5.2.1. Obciążenie nominalne – 424
- 3.5.2.2. Obciążenie obliczeniowe – 426
- 3.5.3. Warunek wytrzymałościowy dla zmęczenia powierzchniowego – 432
- 3.5.4. Warunek wytrzymałościowy dla złamania zmęczeniowego – 437
- 3.5.5. Sprawdzenie warunku zatarcia – 445
- 3.5.6. Wstępny dobór parametrów kół stożkowych – 447
- 3.6. Problemy materiałowe w konstrukcji kół zębatych – 450
- 3.6.1. Wpływ wytopu na jakość materiału – 462
- 3.6.2. Wpływ walcowania na jakość materiału – 463
- 3.6.3. Wpływ obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej na jakość materiału 464
- 3.6.3.1. Obróbka cieplna – 464
- 3.6.3.2. Obróbka cieplno-chemiczna – 467
- 3.6.4. Wybór i kojarzenie materiałów – 468
- 3.7. Smarowanie przekładni zębatych – 469
- 3.7.1. Oleje przekładniowe produkcji polskiej – 469
- 3.7.2. Sposoby smarowania przekładni zębatych – 470
- 3.7.2.1. Smarowanie zanurzeniowe – 470
- 3.7.2.2. Smarowanie obiegowe – 472
- 3.8. Wybór parametrów przekładni zębatych walcowych – 478
- 3.8.1. Zadanie optymalizacyjne w projektowaniu przekładni zębatych – 478
- 3.8.1.1. Pojęcie optymalnej konstrukcji przekładni zębatej. Kryteria optymalizacyjne – 478
- 3.8.1.2. Model matematyczny konstrukcji przekładni zębatej – 481
- 3.8.1.3. Metody optymalizacji stosowane w projektowaniu przekładni zębatych – 484
- 3.8.2. Optymalny wybór niektórych cech konstrukcyjnych kół zębatych – 489
- 3.8.2.1. Wybór optymalnej liczby zębów zębniaka – 489
- 3.8.2.2. Kryteria wyboru kątów zarysu, szerokości kół i kąta pochylecia zębów – 495
- 3.8.2.3. Wybór liczby stopni redukcji i ich przełożeń – 500
- 3.8.2.4. Wybór sumy współczynników przesunięcia zarysu i jej podziału na zębniak i koło – 501

- 3.8.3. Uwagi o komputerowo wspomaganym projektowaniu przekładni zębatych – 511
- 3.9. Podstawy teorii przekładni planetarnych – 514
  - 3.9.1. Uwagi wstępne – 514
  - 3.9.2. Pojęcia podstawowe – 517
    - 3.9.2.1. Nomenklatura – 517
    - 3.9.2.2. Przełożenie – 517
    - 3.9.2.3. Liczba stopni swobody – 519
  - 3.9.3. Wyznaczanie przełożeń w płaskich przekładniach planetarnych – 522
    - 3.9.3.1. Metoda graficzno-analityczna (Kutzbacha) – 522
    - 3.9.3.2. Metoda analityczna (Willisa); przełożenie bazowe – 525
  - 3.9.4. Warunki montażowe w płaskich przekładniach planetarnych – 528
    - 3.9.4.1. Warunek współosiowości – 528
    - 3.9.4.2. Warunek sąsiedztwa – 530
    - 3.9.4.3. Warunek równomiernego rozmieszczenia kół obiegowych – 531
  - 3.9.5. Sprawność przekładni planetarnych płaskich – 532
    - 3.9.5.1. Uwagi wstępne – 532
    - 3.9.5.2. Podstawowe równania przekładni planetarnych – 533
    - 3.9.5.3. Analiza podstawowych równań przekładni planetarnych – 535
  - 3.9.6. Przepływ mocy w płaskich przekładniach planetarnych – 542
  - 3.9.7. Wyznaczanie sił w płaskich przekładniach planetarnych – 545
  - 3.9.8. Kinematyka przekładni zębatych w układach napędowych robotów – 546
    - 3.9.8.1. Ogólne zasady analizy kinematycznej przekładni zębatych w układach napędowych robotów – 546
    - 3.9.8.2. Kinematyka przekładni planetarnych przestrzennych – 552
- 3.10. Przekładnie ślimakowe – 558
  - 3.10.1. Rodzaje przekładni ślimakowych. Materiały – 558
  - 3.10.2. Wymiary geometryczne ślimaka walcowego – 562
  - 3.10.3. Graniczna liczba zębów, kąt zarysu, przesunięcie zarysu – 564
  - 3.10.4. Geometria koła ślimakowego. Odległość osi – 565
  - 3.10.5. Podstawowe zależności kinematyczne. Przełożenie przekładni – 570
  - 3.10.6. Siły w zazębieniu. Sprawność przekładni – 571
  - 3.10.7. Obliczanie przekładni ślimakowych – 575
    - 3.10.7.1. Warunki współpracy zębów i kryteria obliczeniowe – 575
    - 3.10.7.2. Obliczenia zmęczeniowe na naprężenia stykowe – 578
    - 3.10.7.3. Obliczanie przekładni na zginanie zębów koła ślimakowego – 580
    - 3.10.7.4. Materiały i naprężenia dopuszczalne – 581
    - 3.10.7.5. Obliczanie przekładni na rozgrzewanie – 583
    - 3.10.7.6. Uwagi o konstrukcji i normalizacji przekładni ślimakowych – 584
- Bibliografia – 590

## 4. Przekładnie łańcuchowe – 594

*Tadeusz Kacperski*

- 4.1. Ogólna charakterystyka przekładni łańcuchowych – 594
- 4.2. Obciążenie ogniwa w czasie obiegu łańcucha – 596
- 4.3. Nierównomierność biegu łańcucha – 597
- 4.4. Łańcuchy drabinkowe – 597
- 4.5. Koła zębate dla łańcucha rolkowego – 610
- 4.6. Łańcuchy zębate – 614
- Bibliografia – 624

## **5. Przekładnie pasowe – 625**

*Tadeusz Kacperski*

- 5.1. Ogólna charakterystyka przekładni pasowych – 625
  - 5.2. Moc przekładni cięgnowej – 626
  - 5.3. Przekładnie z pasami płaskimi – 627
  - 5.4. Wyznaczanie długości pasa – 628
  - 5.5. Napięcia w cięgnach i obciążenia wałów – 629
  - 5.6. Kinematyka przekładni pasowej – 630
  - 5.7. Wytrzymałość i trwałość pasów – 632
  - 5.8. Przekładnie pasowe klinowe – 635
  - 5.9. Przekładnie z pasem zębatym – 650
- Bibliografia – 660

## **6. Przekładnie cierne – 661**

*Tadeusz Kacperski*

- 6.1. Ogólna charakterystyka przekładni ciernych – 661
  - 6.2. Dobór materiałów pary ciernej – 663
  - 6.3. Poślizg w przekładni ciernej – 664
  - 6.4. Moc przekładni ciernej – 671
  - 6.5. Sprawność przekładni ciernej – 675
  - 6.6. Obliczenia wytrzymałościowe przekładni ciernej – 681
  - 6.7. Obliczanie elementów ciernych na zużycie – 690
  - 6.8. Obliczanie elementów ciernych na zatarcie – 690
  - 6.9. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych przekładni ciernych o bezstopniowej regulacji prędkości obrotowej – 691
- Bibliografia – 697

**Skorowidz – 698**

# 1

## Sprzęgła

### 1.1. Wiadomości podstawowe

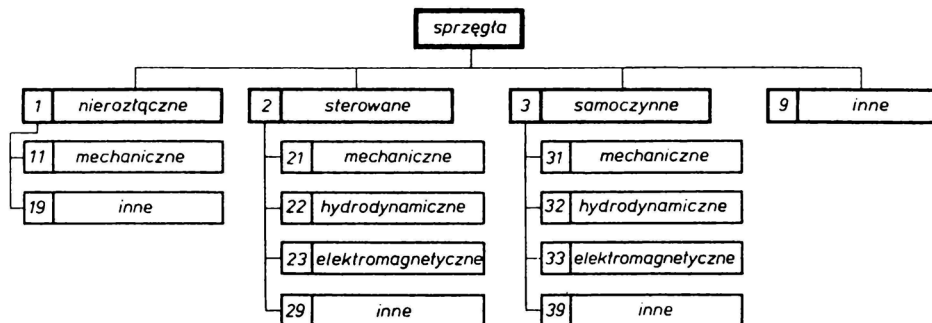
#### 1.1.1. Określenia i podział

*Sprzęgłem* nazywa się zespół układu napędowego maszyny, przeznaczony do łączenia wałów i przekazywania momentu obrotowego bez zmiany jego wielkości i kierunku. Najogólniej, sprzęgło składa się z *członu czynnego* (napędzającego) i *członu biernego* (napędzanego) oraz *łącznika*. *Człon* jest to umowna część napędowa lub napędzana sprzęgła, osadzona lub ukształtowana na wale napędowym lub części układu napędowego podobnej funkcjonalnie. *Łącznik* jest to część (ewentualnie kilka części) lub czynnik, który przekazuje moment obrotowy z członu czynnego na człon bierny sprzęgła i określa sposób przekazania momentu, jak również charakteryzuje sprzęgło.

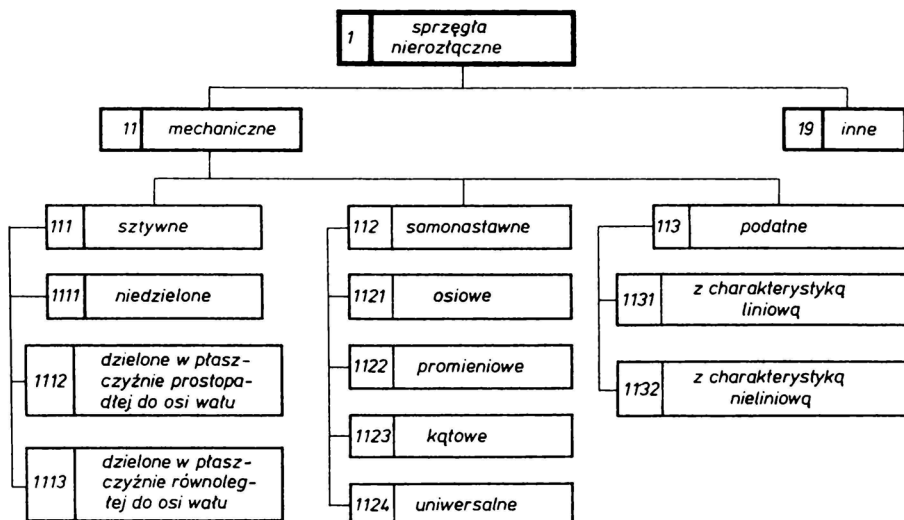
Podziału sprzęgieł dokonano w normie PN-71/M-85250 *Sprzęgła do łączenia wałów. Podstawowe nazwy, określenia i podział*. Za kryterium podziału przyjęto w niej funkcję, jaką w sprzęgle spełnia łącznik, i wyróżniono kolejno: klasy – różniące się sposobem działania łącznika, grupy – różniące się rodzajem zastosowanego łącznika, podgrupy – różniące się cechami użytkowymi sprzęgła, rodzaje – różniące sposób połączenia członów lub rodzaj układu sterującego.

Dalszego podziału sprzęgieł na typy i odmiany w normie nie dokonano, ponieważ w niektórych konstrukcjach trudno rozdzielić cechy konstrukcyjne od użytkowych. Klasyfikacja jest więc niepełna. Zgodnie z PN-71/M-85250 sprzęgła dzieli się na trzy podstawowe klasy (rys. 1.1): *nierozłączne*, *sterowane* i *samoczynne*. Podział poszczególnych klas sprzęgieł na grupy, podgrupy i rodzaje przedstawiono na rys. 1.2÷1.4.

*Nazwę sprzęgła* tworzy się w ten sposób, że kojarzy się kolejno nazwy poszczególnych klas, grup, podgrup i rodzajów, przechodząc do nie ujętych w klasyfi-



RYS. 1.1. Klasyfikacja ogólna sprzęgieł

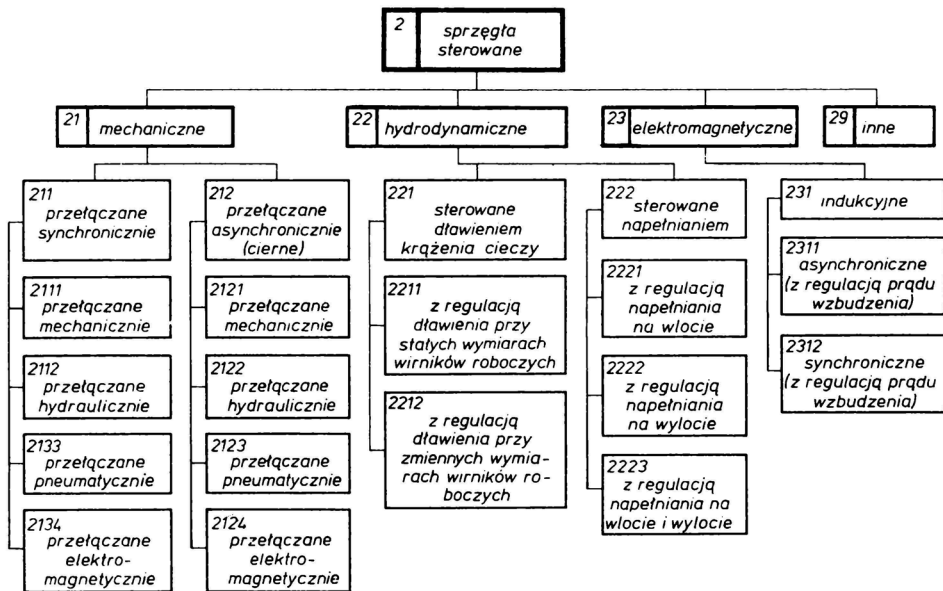


RYS. 1.2. Podział sprzęgieł niezłącznych

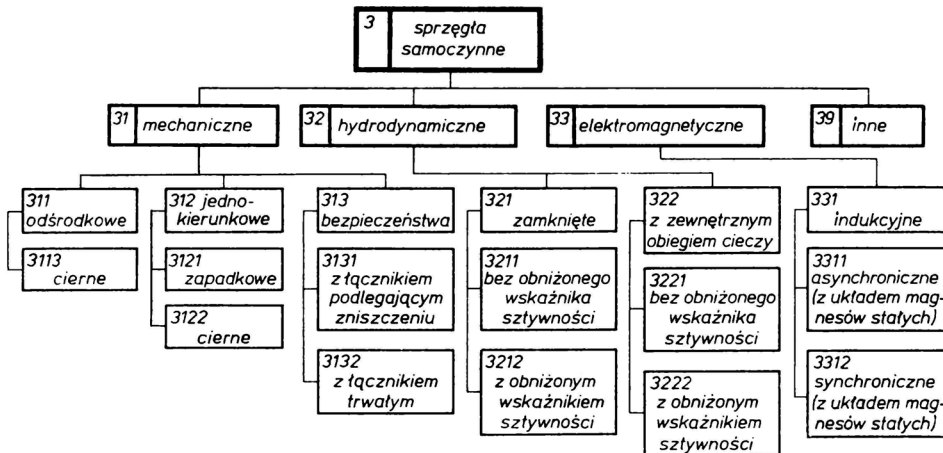
kacji cech konstrukcyjnych, czyli typów, np.: sprzęgło niezłączalne, mechaniczne, sztywne, dzielone w płaszczyźnie równoległej do osi wału, łukowe. Ostatni wyraz w oznaczeniu sprzęgła podaje cechę konstrukcyjną, na której jest oparte potoczne nazewnictwo sprzęgieł. W treści niniejszego rozdziału (przy zachowaniu klasyfikacji sprzęgieł zgodnej z PN) używać się będzie najczęściej stosowanych w praktyce inżynierskiej nazw i określeń sprzęgieł, krótkich i prostszych, a przez to bardziej komunikatywnych.

### 1.1.2. Dobór sprzęgieł

Podstawowym zadaniem sprzęgieł w napędach maszyn jest przenoszenie momentu obrotowego oraz łączenie wałów, zwłaszcza wałów niedokładnie ustawionych względem siebie na skutek błędów ustawienia maszyn, powstałych w trakcie



RYS. 1.3. Podział sprzęgieł sterowanych



RYS. 1.4. Podział sprzęgieł samoczynnych

montażu bądź eksploatacji. W takich przypadkach można stosować *sprzęgła nierozłączne sztywne* lub *samonastawne*, w zależności od powstałych błędów ustawienia łączonych wałów. Następną przyczyną stosowania sprzęgieł to łagodzenie obciążeń dynamicznych w czasie przenoszenia momentu między maszyną roboczą a silnikiem. Nagłe włączenie napędu, uderzenie lub periodyczna zmienność obciążenia na dowolnym stopniu mechanizmu przenosi się na inne zespoły. Połączenie tych zespołów sprzęgłami umożliwiającymi sprężyste odkształcenie skrętne łączonych wałów pozwala, przy właściwym doborze ich podat-

ności, na złagodzenie obciążeń dynamicznych. Takie zadania spełniają *sprzęgła podatne*.

Jeszcze inną przyczyną stosowania sprzęgieł jest konieczność łączenia i rozłączania wałów w trakcie ich pracy. Możliwe jest wtedy unieruchomienie zespołu roboczego bez zatrzymywania silnika, przełączanie mechanizmów na inną prędkość obrotową lub zmianę jej kierunku. Również w przypadkach, gdy konieczne jest uruchomienie maszyny o dużej bezwładności przy pracującym silniku, wymaga się płynnego połączenia wałów, np. w pojazdach samochodowych. Zadania takie mogą spełniać *sprzęgła sterowane* bądź *samoczynne odśrodkowe*.

Niekiedy w celu ochrony ważniejszych mechanizmów maszyny przed przeciążeniami pochodzącymi od maszyny roboczej stosuje się *sprzęgła bezpieczeństwa (przeciążeniowe)*. Działanie tych sprzęgieł jako bezpiecznika w napędzie odbywa się na zasadzie zniszczenia łącznika lub poprzez poślizg na wykładzinach ciernych.

Pewne mechanizmy wymagają takiego połączenia wałów, aby wybrany wał obracał się tylko w jednym kierunku, nie przenosząc momentu obrotowego, w przypadku przeciwnego kierunku obrotów. Takie zadania spełniają *sprzęgła jednokierunkowe*.

Projektując maszynę lub mechanizm, konstruktor dobiera najczęściej sprzęgło z katalogów lub prospektów sprzęgieł aktualnie produkowanych, a w rzadkich przypadkach specjalnie je projektuje dla danego mechanizmu.

Taki dobór sprzęgieł jest niezwykle ważny, ponieważ oprócz czynników technicznych należy również uwzględnić: czynniki ekonomiczne (cenę sprzęgła), dostępność sprzęgieł na rynku (również części zamiennych), ich niezawodność w działaniu (np. czy producent ma certyfikat jakości wg ISO 9000), renomę firmy (zapewniającą natychmiastowy serwis i obsługę w przypadku awarii) oraz inne jeszcze aspekty, w tym wybór producenta polskiego w przypadku równowartych ofert od dostawców zagranicznych.

Pod względem obliczeniowym sprzęgło do konkretnego mechanizmu dobiera się, przyjmując za punkt wyjściowy moment obrotowy obliczony z nominalnej mocy i prędkości obrotowej

$$M_o = M_n k = 9,75 k \frac{N_s}{n} \leq M_{\text{nom}} \quad \text{kN} \cdot \text{m} \quad (1.1)$$

gdzie:  $M_n$  – moment nominalny sprzęgła,  $N_s$  – moc napędu w kW,  $n$  – prędkość obrotowa sprzęgła w obr/min,  $k$  – współczynnik przeciążenia,  $M_{\text{nom}}$  – moment sprzęgła podawany w jego charakterystyce (w katalogu).

*Współczynnik przeciążenia*  $k$  określa nadwyżkę momentu na sprzęgle pochodzącą od przeciążeń maszyny w procesie roboczym oraz od dodatkowych obciążeń dynamicznych. Wielkość dodatkowych obciążeń zależy od charakteru obciążenia (jego nierównomierności), momentów bezwładności mas maszyny oraz podatności łącznika sprzęgła oraz całego układu napędowego [2]. Jeżeli znana jest wielkość