

Spis treści

<b>1. Sprzęgła</b>	<b>11</b>
<i>Sylwester Markusik</i>	
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 sprzęgła hydrokinetycznego z maszyną roboczą	170
1.5.5. Rozwiązania konstrukcyjne	173
1.5.5.1. Ogólna klasyfikacja sprzęgieł hydrokinetycznych	173
1.5.5.2. Sprzęgła o stałej charakterystyce	173
1.5.5.3. Sprzęgła z regulowanymi charakterystykami	177

1.5.6. Dobór sprzęgieł hydrokinetycznych	179
Bibliografia	183
<b>2. Hamulce</b>	<b>184</b>
<i>Sylwester Markusik</i>	
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
<b>3. Przekładnie zębate</b>	<b>226</b>
<i>Andrzej Krukowski</i> (p. 3.1, 3.2, 3.8, 3.10)	
<i>Włodzimierz Ozimowski</i> (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. Odmiany 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 $K_{By}$	354
3.4. Obliczenia wytrzymałościowe walcowych kół zębatach	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 $\sigma_{H \lim}$ materiałów kół zębatach	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 $\sigma_{F \lim}$ dla materiałów kół zębatach	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 zębatach	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 zębownika	489
3.8.2.2. Kryteria wyboru kątów zarysu, szerokości kół i kąta pochylenia 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 zębownik 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
<b>4. Przekładnie łańcuchowe</b>	<b>594</b>
<i>Tadeusz Kacperski</i>	
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
<b>5. Przekładnie pasowe</b>	<b>625</b>
<i>Tadeusz Kacperski</i>	
5.1. Ogólna charakterystyka przekładni pasowych	625
5.2. Moc przekładni ciągłowej	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
<b>6. Przekładnie cierne</b>	<b>661</b>
<i>Tadeusz Kacperski</i>	
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 czarnej	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
<b>Skorowidz</b>	<b>698</b>

oprac. BPK