

Spis treści

PRZEDMOWA	9
1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA I KLASYFIKACJA PRZEKŁADNI ZĘBATYCH	11
2. ZASTOSOWANIE I WYMAGANIA STAWIANE PRZEKŁADNIOM ZĘBATYM	22
3. GEOMETRIA I KINEMATYKA PRZEKŁADNI WALCOWYCH O OSIACH STAŁYCH I EWOLWENTOWYM ZARYSIE ZĘBÓW	24
3.1. Koła walcowe o zębach prostych zerowych	24
3.1.1. Koła o uzębieniu zewnętrznym	24
3.1.2. Koła o uzębieniu wewnętrznym	26
3.1.3. Znormalizowany standardowy zarys odniesienia	28
3.1.4. Luzy międzyzębne	30
3.1.5. Graniczna liczba zębów	32
3.1.6. Odległość między osiami współpracujących kół	34
3.1.7. Wskaźnik zazębienia	36
3.1.8. Koła z przesuniętym zarysem zębów	37
3.2. Koła walcowe o zębach skośnych zerowych	54
3.2.1. Wymiary geometryczne kół i zależności między nimi	57
3.2.2. Zastępcza liczba zębów	59
3.2.3. Graniczna liczba zębów	62
3.2.4. Odległość między osiami współpracujących kół	63
3.2.5. Wskaźnik zazębienia	63
3.2.6. Koła walcowe o zębach skośnych z przesuniętym zarysem	64
3.2.7. Koła walcowe o zębach strzałkowych	67
3.3. Kinematyka zazębienia ewolwentowego, poślizg zębów	68
3.3.1. Ruch względny współpracujących zarysów	69
3.3.2. Poślizg zębów	70
3.3.3. Straty mocy w zazębieniu, sprawność przekładni	74
4. GEOMETRIA I KINEMATYKA PRZEKŁADNI STOŻKOWYCH	77
4.1. Ogólna charakterystyka przekładni stożkowych	77
4.2. Geometria przekładni stożkowych	81
4.2.1. Stożki dopełniające	81
4.2.2. Zarys odniesienia	84
4.2.3. Koła stożkowe o zębach prostych oraz odpowiadające im zastępcze koła walcowe wytrzymałościowo równoważne	86

4.2.4. Koła stożkowe o zębach skośnych i krzywoliniowych oraz odpowiadające im zastępcze koła walcowe wytrzymałościowo równoważne	92
4.2.5. Liczba zębów w zębniku i kole	99
4.3. Wskaźnik zazębienia	100
4.4. Graniczna liczba zębów, przesunięcie zarysu i zmiana grubości zęba	103
4.4.1. Graniczna liczba zębów	103
4.4.2. Przesunięcie zarysu	103
4.4.3. Grubość zęba	105
4.5. Luzy	106
4.5.1. Luz wierzchołkowy	106
4.5.2. Luz boczny	108
4.6. Kinematyka przekładni stożkowych	108
5. OBCIĄŻENIE PRZEKŁADNI ZĘBATYCH	111
5.1. Siły nominalne obciążające zęby kół walcowych	111
5.1.1. Siły międzyzębne w kołach walcowych o uzębieniu prostym	111
5.1.2. Siły międzyzębne w kołach walcowych o uzębieniu skośnym	113
5.2. Siły nominalne obciążające zęby kół stożkowych	115
5.2.1. Siły międzyzębne w kołach stożkowych o uzębieniu prostym	115
5.2.2. Siły międzyzębne w kołach stożkowych o uzębieniu skośnym oraz krzywoliniowym	117
5.3. Obciążenie zębów i sztywność zazębienia	119
5.3.1. Współczynnik zastosowania K_A	121
5.3.2. Obciążenie wewnętrzne przekładni, współczynnik sił dynamicznych K_v	123
5.3.3. Współczynnik rozkładu obciążenia wzdłuż szerokości wieńca zębatego K_β	134
5.3.4. Współczynnik rozdziału obciążenia na pary zębów w przyporze K_α	137
6. WYTRZYMAŁOŚĆ PRZEKŁADNI WALCOWYCH	141
6.1. Uwagi ogólne	141
6.2. Wytrzymałość podstawy zęba na złamanie	143
6.2.1. Naprężenia u podstawy zęba	143
6.2.2. Obliczeniowe naprężenie u podstawy zęba	145
6.2.3. Naprężenia dopuszczalne i graniczna wytrzymałość podstawy zęba na złamanie	153
6.2.4. Bazowa wytrzymałość zmęczeniowa podstawy zęba koła-próbki na zginanie $\sigma_{F\ lim}$	159
6.2.5. Sprawdzanie wytrzymałości podstawy zęba na złamanie	162
6.3. Wytrzymałość stykowa boku zęba	163
6.3.1. Warunek wytrzymałości stykowej boku zęba	163
6.3.2. Obliczeniowe naprężenie stykowe	164

6.3.3. Napężenie stykowe dopuszczalne i graniczna wytrzymałość stykowa boku zęba na pitting	168
6.3.4. Umowna (bazowa) granica wytrzymałości boku zęba na zmęczenie stykowe $\sigma_{H\ lim}$	175
6.3.5. Sprawdzanie wytrzymałości stykowej boku zęba	176
6.3.6. Minimalny współczynnik bezpieczeństwa $S_{H\ min}$ dla napężeń stykowych	177
6.4. Sprawdzanie zazębienia na zatarcie	178
6.4.1. Charakterystyka ogólna zjawiska zatarcia	178
6.4.2. Sprawdzanie kół na zagrzanie	180
7. WYTRZYMAŁOŚĆ PRZEKŁADNI STOŻKOWYCH	181
7.1. Uwagi ogólne	181
7.2. Obciążenie obliczeniowe zębów kół stożkowych	182
7.2.1. Współczynnik zastosowania K_A	182
7.2.2. Współczynnik sił dynamicznych K_v	182
7.2.3. Współczynnik rozkładu obciążenia wzdłuż szerokości wieńca zębatego K_β	183
7.2.4. Współczynnik rozdziału obciążenia na pary zębów w przyporze K_α	185
7.3. Wytrzymałości zmęczeniowa i statyczna podstawy zęba na złamanie	186
7.3.1. Obliczeniowe napężenie u podstawy zęba	186
7.4. Napężenie dopuszczalne i graniczna wytrzymałość podstawy zęba na złamanie	188
7.5. Wytrzymałość stykowa boku zęba	189
7.5.1. Uwagi ogólne	189
7.5.2. Napężenie obliczeniowe	189
7.5.3. Napężenie dopuszczalne i graniczna wytrzymałość stykowa boku zęba	190
7.6. Sprawdzanie zazębienia na zatarcie	191
7.7. Przykłady kształtowania kół i postaci konstrukcyjnych przekładni walcowych	191
7.8. Przykłady kształtowania kół i postaci konstrukcyjnych przekładni stożkowych	198
8. PRZEKŁADNIE OBIEGOWE	202
8.1. Uwagi wstępne	202
8.2. Podstawowe cechy przekładni	203
8.2.1. Ogólne pojęcia i terminy	203
8.3. Przełożenie	205
8.4. Liczba stopni swobody	207
8.5. Wyznaczanie przełożenia	208
8.6. Podstawowe równania przekładni obiegowych	211
8.7. Sprawność i obciążenie przekładni	212
8.7.1. Uwagi wstępne	212

8.7.2. Sprawność bazowa	213
8.7.3. Momenty obrotowe i siły obwodowe	215
8.7.4. Wyznaczanie sprawności przekładni	215
8.8. Przepływ mocy	220
8.9. Wstępny dobór parametrów geometrycznych prostych przekładni obiegowych	221
8.9.1. Warunki montażowe	222
8.9.2. Wyznaczanie liczby zębów i przełożeń	223
8.9.3. Warunek sąsiedztwa kół satelitarnych	226
8.9.4. Warunek równomiernego rozmieszczenia satelitów	227
8.10. Spostrzeżenia końcowe	228
9. MATERIAŁY STOSOWANE NA KOŁA ZĘBATE	231
9.1. Wymagania stawiane materiałom na koła zębate	231
9.2. Stale i staliwa stosowane na koła zębate	232
9.2.1. Utwardzanie powierzchni zęba	234
9.3. Żeliwa stosowane na koła zębate	239
10. SMAROWANIE PRZEKŁADNI ZĘBATYCH	240
10.1. Uwagi ogólne	240
10.2. Klasyfikacja olejów przemysłowych	242
10.3. Sposoby smarowania przekładni zębatych	245
10.3.1. Smarowanie zanurzeniowe	245
10.3.2. Smarowanie obiegowe	248
11. DOKŁADNOŚĆ WYKONANIA PRZEKŁADNI	250
11.1. Wiadomości podstawowe	250
11.2. Dobór dokładności wykonania	251
11.2.1. Odchyłki warunkujące względny ślad przylegania zębów	254
11.2.2. Odchyłki podziałki	256
11.2.3. Dobór rodzaju pasowania i tolerancji luzu bocznego	258
12. DOBÓR PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH PRZEKŁADNI ZĘBATYCH WALCOWYCH, SPRAWDZANIE WARUNKÓW WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH ZAZĘBIENIA	261
12.1. Uwagi wstępne	261
12.2. Dobór podstawowych parametrów przekładni	262
12.2.1. Wytyczne doboru liczby stopni redukcji oraz przełożeń na danym stopniu	262
12.2.2. Wytyczne doboru wskaźnika względnej szerokości wieńca zębatego	266
12.2.3. Wytyczne doboru kąta pochyleń zęba	267
12.2.4. Wytyczne doboru liczby zębów zębnika	268
12.2.5. Wytyczne doboru liczby zębów koła	269
12.2.6. Wytyczne doboru współczynników przesunięcia zarysu	269

12.2.7. Wytyczne doboru zarysu odniesienia	273
12.2.8. Wytyczne doboru oleju	274
12.2.9. Wytyczne doboru klasy dokładności wykonania	275
12.3. Wstępne obliczenia wielkości podstawowych przekładni	276
12.3.1. Wyznaczanie momentu równoważnego, gdy znany jest moment nominalny na wale wejściowym lub wyjściowym przekładni	277
12.3.2. Wyznaczanie przełożenia całkowitego, liczby stopni redukcji oraz przełożeń na poszczególnych stopniach	278
12.3.3. Wyznaczanie podstawowych wymiarów kół	279
12.4. Warunki wytrzymałościowe zazębienia	283
12.4.1. Sprawdzanie wytrzymałości zmęczeniowej i statycznej podstawy zęba na złamanie	284
12.4.2. Sprawdzanie wytrzymałości zmęczeniowej i statycznej boku zęba na pitting	286
12.5. Sprawdzanie zazębienia na zagrzanie	288
13. WYBÓR PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH PRZEKŁADNI ZĘBATYCH STOŻKOWYCH, SPRAWDZANIE WARUNKÓW WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH ZAZĘBIENIA	289
13.1. Wstępne obliczenia wielkości podstawowych	289
13.1.1. Wyznaczanie średnicy podziałowej w przekroju środkowym zębika	289
13.1.2. Wyznaczanie modułu normalnego	291
13.2. Obliczanie wielkości geometrycznych oraz właściwości zazębienia współpracujących kół	293
13.2.1. Uwagi wstępne	293
13.2.2. Parametry geometryczne kół stożkowych	294
13.3. Warunki wytrzymałościowe zazębienia	296
13.3.1. Uwagi wstępne	296
13.3.2. Sprawdzanie wytrzymałości zmęczeniowej i statycznej podstawy zęba na złamanie	296
13.3.3. Sprawdzanie wytrzymałości zmęczeniowej i statycznej boku zęba na pitting	298
13.4. Sprawdzanie zazębienia na zagrzanie	301
14. PRZYKŁADY OBLICZEŃ PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH ORAZ WYTRZYMAŁOŚCI ZAZĘBIENIA KÓŁ ZĘBATYCH	302
14.1. Obliczenia parametrów geometrycznych kół walcowych	302
14.2. Obliczenia wytrzymałościowe przekładni walcowych	326
14.2.1. Metodyka postępowania	326
14.2.1.1. Metodyka postępowania w przypadku przekładni wielostopniowych	327
14.2.2. Przykłady obliczeniowe	328

14.3. Obliczenia parametrów geometrycznych kół stożkowych	374
14.4. Obliczenia wytrzymałościowe przekładni stożkowych	396
14.4.1. Metodyka postępowania	396
15. ZADANIA DO ROZWIĄZANIA	425
BIBLIOGRAFIA	428