

## Spis treści

|    |                                                     |    |
|----|-----------------------------------------------------|----|
| 0. | Wiadomości wstępne . . . . .                        | 25 |
| 1. | Pojęcia podstawowe . . . . .                        | 25 |
| 2. | Znamionowe cechy przekładni mechanicznych . . . . . | 25 |
| 3. | Klasyfikacja przekładni zębatych . . . . .          | 27 |
| a. | Kinematyczny układ klasyfikacyjny . . . . .         | 27 |
| b. | Geometryczny układ klasyfikacyjny . . . . .         | 29 |
| c. | Porównanie obu układów . . . . .                    | 29 |
| 4. | Warunki pracy przekładni zębatych . . . . .         | 30 |
| 5. | Określenia i klasyfikacja kół zębatych . . . . .    | 31 |
| a. | Znamionowe wielkości w kołach zębatych . . . . .    | 31 |
| b. | Klasyfikacja kół zębatych . . . . .                 | 32 |

### Część pierwsza

## Walcowe przekładnie czołowe

|     |                                                                                      |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.  | Walcowe przekładnie czołowe zewnętrzne o zębach prostych                             |    |
| A.  | Wiadomości podstawowe                                                                |    |
| 1.  | Uwagi ogólne . . . . .                                                               | 35 |
| 2.  | Zasada zazębienia . . . . .                                                          | 35 |
| 3.  | Linia przyporu (zazębienia) . . . . .                                                | 35 |
| 4.  | Stopień pokrycia (liczba przyporu, wskaźnik przyporu, wskaźnik zazębienia) . . . . . | 38 |
| 5.  | Kierunek działania i wielkość sił . . . . .                                          | 39 |
| 6.  | Poslizg . . . . .                                                                    | 39 |
| 7.  | Względny tor punktu wierzchołkowego . . . . .                                        | 40 |
| 8.  | Kształt zarysu boku zęba . . . . .                                                   | 40 |
| a.  | Cykloida zwyczajna (ortocykloida) . . . . .                                          | 40 |
| b.  | Epicykloida . . . . .                                                                | 41 |
| c.  | Hipocykloida . . . . .                                                               | 41 |
| d.  | Ewolwenta (odwinięta koła) . . . . .                                                 | 42 |
| 9.  | Wymiary kół zębatych . . . . .                                                       | 43 |
| a.  | Koło podziałowe, podziałka nominalna i moduł nominalny . . . . .                     | 43 |
| b.  | Głowa i stopa zęba. Luz wierzchołkowy . . . . .                                      | 46 |
| c.  | Koło wierzchołkowe i koło dna wrębów (koło stóp) . . . . .                           | 48 |
| 10. | Typy i odmiany zębów . . . . .                                                       | 48 |
| 11. | Odległość osi kół współpracujących . . . . .                                         | 53 |
| B.  | Zazębienie cykloidalne . . . . .                                                     | 54 |
| 1.  | Zarys boku zęba i linia przyporu . . . . .                                           | 54 |
| 2.  | Poslizgi . . . . .                                                                   | 56 |
| 3.  | Koła zespołowe . . . . .                                                             | 56 |
| 4.  | Szczególne przypadki zazębień cykloidalnych . . . . .                                | 56 |
| a.  | Obustronne zazębienie cykloidalne . . . . .                                          | 56 |
| b.  | Jednostronne zazębienie cykloidalne . . . . .                                        | 58 |
| 5.  | Kierunek działania i wielkość sił . . . . .                                          | 60 |
| 6.  | Zalety i wady zazębienia cykloidalnego . . . . .                                     | 60 |
| 7.  | Zastosowanie zazębienia cykloidalnego . . . . .                                      | 61 |

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| C. Zazębienie ewolwentowe . . . . .                                                      | 61  |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                | 61  |
| 2. Geometria ewolwent . . . . .                                                          | 63  |
| a. Zależności matematyczne . . . . .                                                     | 63  |
| b. Funkcja ewolwentowa (inwoluta). Kąt zarysu . . . . .                                  | 64  |
| c. Promień krzywizny. Łuk ewolwentu . . . . .                                            | 66  |
| d. Pole ewolwentu . . . . .                                                              | 77  |
| 3. Linia przyporu. Kąt przyporu. Koło zasadnicze. Koło toczone . . . . .                 | 78  |
| 4. Kierunek działania i wielkość sił . . . . .                                           | 80  |
| 5. Metody obróbki ewolwentowych kół zębatych . . . . .                                   | 80  |
| 6. Linia przejściowa. Podcięcie zęba . . . . .                                           | 82  |
| 7. Poślizg zębów . . . . .                                                               | 84  |
| 8. Czynną wysokość zęba . . . . .                                                        | 90  |
| 9. Graniczna liczba zębów . . . . .                                                      | 91  |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                | 91  |
| b. Graniczna liczba zębów w przypadku użycia narzędzia-zębarki . . . . .                 | 91  |
| c. Graniczna liczba zębów w przypadku użycia noża Fellowsa (dłutaka) . . . . .           | 93  |
| 10. Stopień pokrycia (liczba przyporu, wskaźnik przyporu, wskaźnik zazębienia) . . . . . | 95  |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                | 95  |
| b. Stopień pokrycia dla kół z niepodciętymi zębami . . . . .                             | 96  |
| 1) Przypadek ogólny . . . . .                                                            | 96  |
| 2) Przypadek szczególny . . . . .                                                        | 97  |
| c. Stopień pokrycia dla zębarki . . . . .                                                | 100 |
| d. Stopień pokrycia dla koła z podciętymi zębami . . . . .                               | 102 |
| e. Uwagi końcowe . . . . .                                                               | 103 |
| 11. Praca tarcia. Sprawność zazębienia . . . . .                                         | 106 |
| 12. Zagadnienia specjalne . . . . .                                                      | 110 |
| a. Wartość ugięcia zęba pod działaniem sił zewnętrznych . . . . .                        | 110 |
| b. Graniczna liczba zębów, gdy $r_f = r_b$ . . . . .                                     | 111 |
| 13. Wybór typu zęba i nominalnego kąta zarysu . . . . .                                  | 112 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                | 112 |
| b. Wpływ stopnia pokrycia . . . . .                                                      | 113 |
| c. Wpływ uginania się zębów . . . . .                                                    | 113 |
| d. Wpływ granicznej liczby zębów . . . . .                                               | 113 |
| e. Wpływ poślizgu właściwego . . . . .                                                   | 113 |
| f. Wpływ sprawności zazębienia . . . . .                                                 | 113 |
| g. Wpływ wytrzymałości zębów na zginanie . . . . .                                       | 113 |
| h. Wpływ wytrzymałości zębów na nacisk powierzchniowy . . . . .                          | 114 |
| i. Wnioski końcowe . . . . .                                                             | 114 |
| 14. Zalety i wady zazębienia ewolwentowego . . . . .                                     | 116 |
| D. Korekcja uzębienia i zazębienia ewolwentowego . . . . .                               | 116 |
| 1. Korekcja uzębienia . . . . .                                                          | 116 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                | 116 |
| b. Granice przesunięcia zarysu zęba (korekcji uzębienia) . . . . .                       | 117 |
| 1) Dolna granica przesunięcia zarysu zęba . . . . .                                      | 118 |
| 2) Górna granica przesunięcia zarysu zęba . . . . .                                      | 119 |
| c. Grubość zęba korygowanego na okręgu koła podziałowego . . . . .                       | 123 |
| d. Grubość zęba na dowolnej jego wysokości . . . . .                                     | 124 |
| e. Przypadki szczególne grubości zęba . . . . .                                          | 125 |
| 1) Grubość zęba u wierzchołka zęba . . . . .                                             | 125 |
| 2) Grubość zęba na okręgu koła zasadniczego . . . . .                                    | 125 |
| 3) Grubość zęba względem cięciwy stycznej do koła zasadniczego . . . . .                 | 125 |
| f. Zagadnienia specjalne . . . . .                                                       | 126 |
| 1) Obliczanie grubości zęba u wierzchołka przy $x_s = \text{const}$ . . . . .            | 126 |
| 2) Obliczanie pola wrębu . . . . .                                                       | 128 |
| a) Uwagi ogólne . . . . .                                                                | 128 |
| b) Obliczanie pola wrębu, gdy $r_f < r_b$ . . . . .                                      | 128 |
| c) Obliczanie pola wrębu, gdy $r_f > r_b$ . . . . .                                      | 130 |
| 2. Rodzaje zazębienia . . . . .                                                          | 131 |
| a. Korekcja zazębienia P-0 . . . . .                                                     | 131 |
| 1) Istota korekcji zazębienia P-0 . . . . .                                              | 131 |
| 2) Skutki korekcji zazębienia P-0 . . . . .                                              | 134 |

|                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| b. Korekcja zażębienia <b>P</b> . . . . .                                                                               | 135 |
| 1) Istota korekcji zażębienia <b>P</b> i jej zastosowanie . . . . .                                                     | 135 |
| 2) Obliczenia teoretyczne korekcji zażębienia <b>P</b> . . . . .                                                        | 136 |
| 3) Obliczenia uproszczone korekcji zażębienia <b>P</b> . . . . .                                                        | 139 |
| 4) Zagadnienia specjalne . . . . .                                                                                      | 147 |
| 5) Sposoby rozkładu przesunięć zarysów zębów kół współpracujących . . . . .                                             | 148 |
| E. Specjalne koła i przekładnie zębate . . . . .                                                                        | 149 |
| 1. Przekładnia zębata z kołami stożkowo-walcowymi . . . . .                                                             | 149 |
| 2. Koła o uzębieniu beczułkowo-lukowym . . . . .                                                                        | 153 |
| 3. Dmuchawy Roots'a . . . . .                                                                                           | 153 |
| a. Uwagi wstępne . . . . .                                                                                              | 153 |
| b. Dmuchawy z obrotowymi tłokami o zarysach cykloidalnych . . . . .                                                     | 154 |
| c. Dmuchawy z obrotowymi tłokami o zarysach ewolwentowych . . . . .                                                     | 155 |
| 1) Dmuchawy z obrotowymi tłokami dwuzębnymi o zarysach ewolwentowych . . . . .                                          | 155 |
| 2) Dmuchawy z obrotowymi tłokami trójębnymi o zarysach ewolwentowych . . . . .                                          | 158 |
| <b>II. Walcowe przekładnie czołowe zewnętrzne o zębach śrubowych i strzałkowych</b> . . . . .                           | 159 |
| A. Wiadomości podstawowe o uzębieniu . . . . .                                                                          | 159 |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                               | 159 |
| 2. Wymiary kół zębatych o zębach śrubowych . . . . .                                                                    | 161 |
| a. Uwagi wstępne . . . . .                                                                                              | 161 |
| b. Koło (walec) podziałowe, podziałka normalna i czołowa, moduł normalny i czołowy. Wymiary wysokościowe zęba . . . . . | 161 |
| c. Czołowy i normalny współczynnik wysokości zęba . . . . .                                                             | 162 |
| d. Czołowy i normalny kąt zarysu . . . . .                                                                              | 162 |
| 3. Kąty pochylenia linii zęba . . . . .                                                                                 | 163 |
| a. Kąt pochylenia linii zęba na walcu zasadniczym . . . . .                                                             | 163 |
| b. Kąt pochylenia linii zęba na walcu dowolnym . . . . .                                                                | 164 |
| 4. Czołowy kąt zarysu na dowolnym promieniu . . . . .                                                                   | 166 |
| 5. Średnica walca tocznego . . . . .                                                                                    | 166 |
| 6. Zastępcza liczba zębów . . . . .                                                                                     | 167 |
| 7. Graniczna liczba zębów . . . . .                                                                                     | 168 |
| 8. Korekcja uzębienia . . . . .                                                                                         | 169 |
| B. Zasadnicze zależności w walcowej przekładni czołowej zewnętrznej z zębami śrubowymi i strzałkowymi . . . . .         | 171 |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                               | 171 |
| 2. Odległość osi . . . . .                                                                                              | 171 |
| 3. Stopień pokrycia . . . . .                                                                                           | 172 |
| a. Wiadomości podstawowe . . . . .                                                                                      | 172 |
| 1) Uwagi ogólne . . . . .                                                                                               | 172 |
| 2) Czołowy stopień pokrycia . . . . .                                                                                   | 173 |
| 3) Poskokowy stopień pokrycia . . . . .                                                                                 | 174 |
| b. Wybór wielkości stopnia pokrycia . . . . .                                                                           | 176 |
| 4. Korekcja zażębienia . . . . .                                                                                        | 180 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                               | 180 |
| b. Korekcja <b>P-0</b> . . . . .                                                                                        | 180 |
| c. Korekcja <b>P</b> . . . . .                                                                                          | 181 |
| 5. Zalety i wady walcowej przekładni czołowej o zębach śrubowych i strzałkowych . . . . .                               | 185 |
| C. Zażębnienie Wildhabera-Nowikowa . . . . .                                                                            | 186 |
| 1. Uwagi wstępne . . . . .                                                                                              | 186 |
| 2. Istota zażębnienia o kołowo-lukowych zarysach zębów . . . . .                                                        | 187 |
| 3. Kształty i wymiary uzębienia kół zębatych o kołowo-lukowym zarysie zębów . . . . .                                   | 188 |
| a. Kształty uzębienia . . . . .                                                                                         | 188 |
| b. Wymiary uzębienia przekładni o kołowo-lukowym zarysie zębów . . . . .                                                | 189 |
| 1) Uwagi ogólne . . . . .                                                                                               | 189 |
| 2) Średnica podziałowa, moduł czołowy, kąt pochylenia linii zęba, szerokość wieńca . . . . .                            | 190 |
| 3) Wymiary zębów, średnice wierzchołkowe i dna wrębów . . . . .                                                         | 190 |
| 4) Luzy międzyzębne, grubości zębów . . . . .                                                                           | 193 |

|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>III. Walcowe przekładnie czołowe wewnętrzne</b>                                                | <b>194</b> |
| 1. Uwagi ogólne                                                                                   | 194        |
| 2. Wymiary zębów i koła o uzębieniu wewnętrznym                                                   | 196        |
| 3. Graniczne liczby zębów w kole o uzębieniu wewnętrznym                                          | 197        |
| 4. Graniczna liczba zębów w kole o uzębieniu zewnętrznym                                          | 200        |
| 5. Interferencja zębów                                                                            | 202        |
| 6. Korekcja zazębienia                                                                            | 204        |
| 7. Stopień pokrycia                                                                               | 206        |
| a. Obydwa koła są nacięte nożem Fellowsa                                                          | 206        |
| b. Zęby w kole wewnętrznym są nacięte nożem Fellowsa, zaś w kole zewnętrznym — narzędziem-zębatką | 208        |

## Część druga

### Stożkowe przekładnie czołowe

|                                                                                                     |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>IV. Wiadomości ogólne o stożkowych przekładniach czołowych</b>                                   | <b>211</b> |
| A. Wiadomości wprowadzające                                                                         | 211        |
| 1. Uwagi wstępne                                                                                    | 211        |
| 2. Rozważania o zazębieniu stożkowej przekładni czołowej                                            | 211        |
| 3. Metody obróbki stożkowych kół zębatych                                                           | 215        |
| 4. Układy stożkowych przekładni czołowych                                                           | 218        |
| B. Podstawowe zależności w stożkowych przekładniach czołowych                                       | 219        |
| 1. Uwagi ogólne                                                                                     | 219        |
| 2. Stożki podziałowe i czołowe                                                                      | 219        |
| a. Średnice podziałowe                                                                              | 219        |
| b. Kąty stożków podziałowych                                                                        | 221        |
| 1) Przypadek ogólny, gdy $\Sigma \neq 90^\circ$                                                     | 221        |
| 2) Przypadek szczególny, gdy $\Sigma = 90^\circ$                                                    | 222        |
| c. Długość tworzącej stożka podziałowego (promień zębatki pierścieniowej — promień koła koronowego) | 222        |
| d. Długość tworzącej stożka czołowego (dopełniającego)                                              | 228        |
| e. Przekłady przekładni                                                                             | 228        |
| 3. Wymiary wysokościowe zębów. Średnica wierzchołkowa. Szerokość wieńca zębatego                    | 229        |
| a. Uwagi ogólne. Rodzaje uzębienia                                                                  | 229        |
| b. Rozważania na temat współczynników wysokości zęba                                                | 229        |
| 1) Założenia                                                                                        | 229        |
| 2) Zależności w przypadku zębów zbieżnych                                                           | 230        |
| 3) Zależności w przypadku zębów jednakowej wysokości                                                | 230        |
| c. Luzy wierzchołkowe. Wysokość głowy i stopy zęba. Kąty głowy i stopy zęba                         | 231        |
| 1) Luzy wierzchołkowe                                                                               | 231        |
| 2) Wysokość głowy i stopy zęba                                                                      | 232        |
| 3) Kąty wysokości głowy i stopy zęba                                                                | 233        |
| d. Stożki wierzchołkowe i dna wrębów                                                                | 233        |
| 1) Kąty stożka wierzchołkowego i dna wrębów                                                         | 233        |
| a) W przypadku zębów zbieżnych                                                                      | 233        |
| b) W przypadku zębów jednakowej wysokości                                                           | 233        |
| 2) Średnica wierzchołkowa                                                                           | 234        |
| 3) Wysokość stożka wierzchołkowego                                                                  | 234        |
| e. Szerokość wieńca zębatego. Nominalne kąty pochylenia linii zęba                                  | 234        |
| 1) Szerokość wieńca                                                                                 | 234        |
| 2) Nominalne kąty pochylenia linii zęba                                                             | 234        |
| a) Dla zębów prostych                                                                               | 234        |
| b) Dla zębów o łukowej linii zęba                                                                   | 234        |
| 4. Zastępcza liczba zębów. Graniczna liczba zębów                                                   | 235        |
| a. Zastępcza liczba zębów                                                                           | 235        |
| b. Graniczna liczba zębów                                                                           | 236        |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5. Korekcja uzębienia i zazębienia . . . . .                                                    | 236 |
| a. Korekcja uzębienia . . . . .                                                                 | 236 |
| b. Korekcja zazębienia . . . . .                                                                | 237 |
| 1) Uwagi ogólne . . . . .                                                                       | 237 |
| 2) Korekcja P-0 . . . . .                                                                       | 237 |
| 3) Korekcja P . . . . .                                                                         | 238 |
| <b>V. Stożkowe przekładnie czołowe o zębach prostych, śrubowych i „zerolowych”</b> . . . . .    | 240 |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                       | 240 |
| 2. Stożkowe przekładnie czołowe o zębach prostych f. Gleason . . . . .                          | 241 |
| a. Przekładnia o zębach prostych standardowych . . . . .                                        | 241 |
| b. Przekładnia o zębach wykonywanych wg metody „Revacycle” . . . . .                            | 244 |
| 3. Stożkowe przekładnie czołowe o zębach śrubowych . . . . .                                    | 246 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                       | 246 |
| b. Charakterystyka i podstawowe zależności . . . . .                                            | 247 |
| 4. Stożkowe przekładnie czołowe o zębach „zerolowych” f. Gleason . . . . .                      | 249 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                       | 249 |
| b. Przekładnia „zerolowa” standardowa f. Gleason . . . . .                                      | 250 |
| c. Przekładnia „Duplex” f. Gleason . . . . .                                                    | 250 |
| <b>VI. Stożkowe przekładnie czołowe o łukowej linii zęba</b> . . . . .                          | 252 |
| Uwagi ogólne . . . . .                                                                          | 252 |
| A. Stożkowe przekładnie czołowe o kołowo-łukowej linii zębów . . . . .                          | 254 |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                       | 254 |
| a. Odmiany uzębień . . . . .                                                                    | 254 |
| b. Kąty pochylenia linii zębów i poskokowy stopień pokrycia, czołowe kąty zarysu zęba . . . . . | 254 |
| 1) Kąty pochylenia linii zębów . . . . .                                                        | 254 |
| 2) Poskokowy stopień pokrycia . . . . .                                                         | 255 |
| 3) Czołowe kąty zarysu zęba u czoł wieńca i w jego środku . . . . .                             | 256 |
| 2. Stożkowe przekładnie czołowe o kołowo-łukowej linii zęba f. Gleason . . . . .                | 256 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                       | 256 |
| b. Przekładnia standardowa. Charakterystyka . . . . .                                           | 257 |
| c. Przekładnia „Formate” f. Gleason . . . . .                                                   | 262 |
| 3. Stożkowa przekładnia czołowa o kołowo-łukowej linii zęba „Kurvex” f. Modul (WMW) . . . . .   | 265 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                       | 265 |
| b. Charakterystyka uzębienia . . . . .                                                          | 266 |
| B. Stożkowa przekładnia czołowa o zębach eloidalnych f. Oerlikon . . . . .                      | 270 |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                       | 270 |
| 2. Podstawowe zależności . . . . .                                                              | 270 |
| a. Przypadek ogólny . . . . .                                                                   | 270 |
| b. Przypadek szczególny, gdy $\beta_p = 0$ . . . . .                                            | 273 |
| c. Przypadek szczególny, gdy $k = r_1 = r_2$ . . . . .                                          | 274 |
| d. Określenie kąta pochylenia linii zęba . . . . .                                              | 274 |
| 1) Kąt pochylenia linii zęba $\beta_p$ . . . . .                                                | 275 |
| 2) Kąt pochylenia linii zęba $\beta_r$ i $\beta_s$ . . . . .                                    | 275 |
| e. Charakterystyka uzębienia . . . . .                                                          | 277 |
| C. Stożkowa przekładnia czołowa o zębach ewolwentowo-łukowych (Klingelnberga) . . . . .         | 280 |

## Część trzecia

## Przekładnie śrubowe

## VII. Toczone przekładnie śrubowe

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                           | 285 |
| 2. Hiperboloidalne przekładnie śrubowe . . . . .    | 285 |
| 3. Walcowe i stożkowe przekładnie śrubowe . . . . . | 287 |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| A. Walcowa przekładnia śrubowa . . . . .                                    | 288 |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                   | 288 |
| 2. Zasadnicze zależności . . . . .                                          | 288 |
| 3. Przypadek specjalny . . . . .                                            | 289 |
| 4. Prędkość poślizgu . . . . .                                              | 291 |
| 5. Sprawność walcowej przekładni śrubowej . . . . .                         | 292 |
| 6. Stopień pokrycia w walcowej przekładni śrubowej . . . . .                | 294 |
| B. Stożkowa przekładnia śrubowa (hipoidalna przekładnia stożkowa) . . . . . | 297 |
| 1. Uwagi wstępne . . . . .                                                  | 297 |
| 2. Zależności geometryczne i kinematyczne . . . . .                         | 298 |

## VIII. Przekładnie ślimakowe

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Uwagi wstępne . . . . .                                                                                                                                                                      | 307 |
| A. Walcowe przekładnie ślimakowe . . . . .                                                                                                                                                   | 308 |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                                                                                                    | 308 |
| 2. Konstrukcja ślimaków . . . . .                                                                                                                                                            | 309 |
| a. Zarysy zwojów ślimaka . . . . .                                                                                                                                                           | 309 |
| b. Podziałka nominalna (osiowa), normalna i czółowa. Kąt wzniosu linii śrubowej zwoju . . . . .                                                                                              | 312 |
| c. Średnica podziałowa, wysokość głowy i stopy zwoju. Średnica wierzchołkowa i dna wrębów. Grubość zwoju . . . . .                                                                           | 313 |
| d. Kąty zarysu zwoju ślimaka . . . . .                                                                                                                                                       | 314 |
| e. Długość ślimaka . . . . .                                                                                                                                                                 | 315 |
| 3. Konstrukcja koła ślimakowego . . . . .                                                                                                                                                    | 316 |
| a. Niektóre współzależności kątowe i wymiarowe w ślimakach i kołach ślimakowych . . . . .                                                                                                    | 316 |
| b. Kształty wieńca . . . . .                                                                                                                                                                 | 317 |
| c. Graniczna liczba zębów. Korekta zębienia . . . . .                                                                                                                                        | 318 |
| d. Wymiary zębów, wysokość głowy i stopy zęba. Średnica podziałowa, wierzchołkowa, dna wrębów i naroży (zewnątrzna). Kąt opasania. Szerokość wieńca zębatego i szerokość całkowita . . . . . | 318 |
| 4. Zależności w walcowej przekładni ślimakowej . . . . .                                                                                                                                     | 321 |
| a. Odległość osi. Korekta zębienia . . . . .                                                                                                                                                 | 321 |
| b. Sprawność przekładni ślimakowej i jej samohamowność . . . . .                                                                                                                             | 322 |
| 1) Uwagi wstępne. Rozkład sił . . . . .                                                                                                                                                      | 322 |
| 2) Sprawność przekładni ślimakowej, gdy elementem napędzającym jest ślimak . . . . .                                                                                                         | 323 |
| 3) Sprawność przekładni ślimakowej, gdy elementem napędzającym jest koło ślimakowe . . . . .                                                                                                 | 325 |
| B. Walcowa przekładnia ślimakowa ze ślimakiem dwuskokowym . . . . .                                                                                                                          | 328 |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                                                                                                    | 328 |
| 2. Podstawowe zależności geometryczne . . . . .                                                                                                                                              | 328 |
| a. Uwagi wstępne . . . . .                                                                                                                                                                   | 328 |
| b. Zależności wymiarowe . . . . .                                                                                                                                                            | 328 |
| C. Globoidalna przekładnia ślimakowa . . . . .                                                                                                                                               | 331 |
| 1. Wiadomości wstępne . . . . .                                                                                                                                                              | 331 |
| 2. Geometryczne zależności zębienia przekładni w przekroju wzdłuż osi ślimaka . . . . .                                                                                                      | 332 |
| a. Kąt wzniosu linii śrubowej . . . . .                                                                                                                                                      | 332 |
| b. Podwójny kąt zarysu zęba ślimaczniczy i ślimaka . . . . .                                                                                                                                 | 333 |
| 3. Wymiary przekładni . . . . .                                                                                                                                                              | 335 |
| a. Średnice podziałowe. Odległość osi . . . . .                                                                                                                                              | 335 |
| b. Liczba zębów ślimaka i ślimaczniczy . . . . .                                                                                                                                             | 336 |
| c. Typy zębów. Wysokość głowy i stopy zęba . . . . .                                                                                                                                         | 336 |
| d. Wymiary ślimaka . . . . .                                                                                                                                                                 | 336 |
| e. Wymiary ślimaczniczy . . . . .                                                                                                                                                            | 337 |
| D. Uwagi końcowe . . . . .                                                                                                                                                                   | 339 |
| 1. Porównywanie ślimakowej przekładni walcowanej i globoidalnej . . . . .                                                                                                                    | 339 |
| 2. Normalizacja przekładni ślimakowych . . . . .                                                                                                                                             | 340 |

## Część czwarta

## Wytyczne do wytrzymałościowych obliczeń przekładni zębatach

## IX. Wiadomości podstawowe

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Uwagi ogólne . . . . .                                                                                | 343 |
| A. Czynniki wpływające na wielkość obciążenia . . . . .                                               | 343 |
| 1. Klasy dokładności wykonywania kół i przekładni . . . . .                                           | 343 |
| a. Wiadomości wstępne . . . . .                                                                       | 343 |
| b. Dopuszczalne odchyłki niektórych wielkości określających zęby . . . . .                            | 345 |
| c. Dopuszczalne odchyłki odległości i wzajemnego położenia osi w skrzynkach przekładniowych . . . . . | 348 |
| 2. Wpływ odkształceń spowodowanych obciążeniem . . . . .                                              | 351 |
| a. Zniekształcenia wieńca zębatego pod działaniem obciążenia . . . . .                                | 351 |
| b. Wpływ uginania się wałów . . . . .                                                                 | 351 |
| c. Wpływ uginania się zębów . . . . .                                                                 | 355 |
| d. Wpływ skręcenia się koła . . . . .                                                                 | 357 |
| 3. Określenie wielkości obciążenia . . . . .                                                          | 358 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                             | 358 |
| b. Obliczanie sił statycznych . . . . .                                                               | 359 |
| c. Ustalenie wartości współczynnika przeciążenia $C_p$ . . . . .                                      | 360 |
| d. Obliczanie nadwyżek dynamicznych $C_d$ . . . . .                                                   | 361 |
| B. Skutki działania sił . . . . .                                                                     | 365 |
| 1. Kierunek działania sił. Siły składowe. Siła obliczeniowa . . . . .                                 | 365 |
| 2. Wytężenia zębów . . . . .                                                                          | 366 |
| a. Wytężenie u podstawy zęba . . . . .                                                                | 366 |
| b. Wytężenie na bocznej powierzchni zęba wg wzorów Hertza . . . . .                                   | 369 |
| C. Materiały stosowane na koła zębate . . . . .                                                       | 371 |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                             | 371 |
| 2. Stale na koła nie utwardzane . . . . .                                                             | 372 |
| a. Stale stosowane w stanie normalizowanym . . . . .                                                  | 372 |
| b. Stale ulepszone cieplnie . . . . .                                                                 | 374 |
| 3. Stale do utwardzania powierzchniowego . . . . .                                                    | 375 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                             | 375 |
| b. Nawęglanie . . . . .                                                                               | 375 |
| 1) Uwagi ogólne . . . . .                                                                             | 375 |
| 2) Zagadnienia specjalne przy nawęglaniu . . . . .                                                    | 375 |
| a) Hartowność . . . . .                                                                               | 375 |
| b) Grubość warstwy nawęglonej: głębokość nawęglania, głębokość hartowania . . . . .                   | 375 |
| c) Deformacje i zmiany wymiarów podczas nawęglania . . . . .                                          | 376 |
| c. Hartowanie indukcyjne i płomieniowe . . . . .                                                      | 377 |
| 1) Stale do hartowania indukcyjnego i płomieniowego . . . . .                                         | 377 |
| 2) Zastosowanie hartowania indukcyjnego i płomieniowego . . . . .                                     | 377 |
| d. Azotowanie . . . . .                                                                               | 377 |
| 1) Uwagi ogólne . . . . .                                                                             | 377 |
| 2) Stale do azotowania . . . . .                                                                      | 379 |
| e. Zakresy stosowania różnych rodzajów utwardzania powierzchniowego . . . . .                         | 379 |
| D. Wytrzymałość doraźna i zmęczeniowa. Naprężenia dopuszczalne . . . . .                              | 379 |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .                                                                        | 379 |
| 2. Wpływ kształtu przedmiotu na wytrzymałość zmęczeniową . . . . .                                    | 385 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                             | 385 |
| b. Współczynniki kształtu. Wrażliwość materiału na działanie karbu . . . . .                          | 385 |
| c. Rzeczywisty współczynnik spiętrzenia naprężeń. Współczynniki stanu powierzchni . . . . .           | 389 |
| 3. Naprężenia dopuszczalne. Współczynnik bezpieczeństwa i pewności . . . . .                          | 390 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                             | 390 |
| b. Współczynnik bezpieczeństwa i pewności . . . . .                                                   | 391 |

|              |                                                                                     |     |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>X.</b>    | <b>Wytyczne do wytrzymałościowych obliczeń walcowej przekładni zębatej czołowej</b> | 394 |
| A.           | Wytyczne do obliczania walcowych kół o zębach prostych . . .                        | 394 |
| 1.           | Uwagi ogólne . . . . .                                                              | 394 |
| 2.           | Wytrzymałość zębów u podstawy . . . . .                                             | 394 |
| a.           | Właściwości podstawowe . . . . .                                                    | 394 |
| b.           | Współczynniki wytrzymałości zęba u podstawy . . . . .                               | 394 |
| c.           | Wtórne wzory obliczeniowe . . . . .                                                 | 397 |
| d.           | Wybór modułu i szerokości wieńca . . . . .                                          | 397 |
| e.           | Wybór liczby zębów . . . . .                                                        | 399 |
| 3.           | Obliczanie zębów na nacisk wg wzorów Hertza . . . . .                               | 401 |
| a.           | Uwagi podstawowe . . . . .                                                          | 401 |
| b.           | Określenie promieni krzywizny . . . . .                                             | 401 |
| 1)           | Gdy rozważanym punktem jest punkt centralny $G$ . . . . .                           | 401 |
| 2)           | Gdy rozważanym punktem są punkty $B_1$ lub $B_2$ . . . . .                          | 403 |
| c.           | Obliczanie dopuszczalnego nacisku powierzchniowego . . . . .                        | 408 |
| 1)           | Uwagi podstawowe . . . . .                                                          | 408 |
| 2)           | Czynniki wpływające na wybór dopuszczalnego nacisku powierzchniowego                | 411 |
| a)           | Zestawienie materiałów kół współpracujących . . . . .                               | 411 |
| b)           | Staranność wykonania uzębienia . . . . .                                            | 411 |
| c)           | Wpływ odpowiedniego smarowania . . . . .                                            | 411 |
| 4.           | Obliczanie walcowych kół zębatych na zagrzanie . . . . .                            | 413 |
| 5.           | Obliczanie walcowych kół zębatych z tworzyw sztucznych . . . . .                    | 414 |
| B.           | Wytyczne do obliczania walcowych kół o zębach śrubowych . . . . .                   | 415 |
| 1.           | Uwagi ogólne . . . . .                                                              | 415 |
| 2.           | Obliczanie zębów na wytrzymałość u podstawy . . . . .                               | 415 |
| 3.           | Obliczanie zębów na nacisk wg wzorów Hertza . . . . .                               | 417 |
| 4.           | Obliczanie na zagrzanie . . . . .                                                   | 418 |
| 5.           | Ustalanie wymiarów zęba i koła . . . . .                                            | 418 |
| a.           | Dane ogólne . . . . .                                                               | 418 |
| b.           | Wybór modułu, liczby zębów i szerokości wieńca . . . . .                            | 419 |
| c.           | Wybór kąta pochylecia linii zęba . . . . .                                          | 419 |
| <b>XI.</b>   | <b>Wytyczne do obliczania stożkowych kół zębatych</b>                               | 423 |
| 1.           | Uwagi ogólne . . . . .                                                              | 423 |
| 2.           | Obliczanie zębów na wytrzymałość u podstawy . . . . .                               | 424 |
| 3.           | Obliczanie zębów na nacisk wg wzorów Hertza . . . . .                               | 425 |
| 4.           | Obliczanie na zagrzanie . . . . .                                                   | 426 |
| <b>XII.</b>  | <b>Wytyczne do wytrzymałościowych obliczeń walcowej przekładni śrubowej</b>         | 428 |
| 1.           | Uwagi ogólne . . . . .                                                              | 428 |
| 2.           | Obliczanie na zużycie . . . . .                                                     | 428 |
| <b>XIII.</b> | <b>Wytyczne do wytrzymałościowych obliczeń przekładni ślimakowych</b>               | 431 |
| A.           | Obliczanie walcowych przekładni ślimakowych . . . . .                               | 431 |
| 1.           | Rozważania ogólne . . . . .                                                         | 431 |
| a.           | Uwagi wstępne . . . . .                                                             | 431 |
| b.           | Dobór materiałów na ślimaki i koła ślimakowe . . . . .                              | 431 |
| c.           | Dobór lepkości oleju . . . . .                                                      | 433 |
| 2.           | Obliczanie normalnej (przemysłowej) przekładni ślimakowej . . . . .                 | 434 |
| 3.           | Obliczanie wysokosprawnej przekładni ślimakowej . . . . .                           | 436 |
| a.           | Uwagi ogólne . . . . .                                                              | 436 |
| b.           | Obliczanie zębów koła ślimakowego na zginanie . . . . .                             | 436 |
| c.           | Obliczanie na nacisk wg wzorów Hertza . . . . .                                     | 437 |
| d.           | Granice zagrzanego wg wzorów Niemann . . . . .                                      | 439 |
| 1)           | Granica I . . . . .                                                                 | 439 |
| 2)           | Granica II . . . . .                                                                | 440 |

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4. Ustalanie podstawowych wymiarów ślimaka i koła ślimakowego . . . . .                                       | 440 |
| a. Podstawowe wymiary ślimaka . . . . .                                                                       | 440 |
| b. Określanie wymiarów koła ślimakowego . . . . .                                                             | 441 |
| c. Uwagi uzupełniające . . . . .                                                                              | 441 |
| B. Obliczanie globoidalnej przekładni ślimakowej . . . . .                                                    | 445 |
| Część piąta                                                                                                   |     |
| <b>Wiadomości końcowe</b> . . . . .                                                                           | 447 |
| <b>XIV. Smarowanie przekładni zębatych</b> . . . . .                                                          | 449 |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .                                                                                | 449 |
| 2. Systemy smarowania . . . . .                                                                               | 454 |
| a. Smarowanie smarem mazistym . . . . .                                                                       | 455 |
| b. Smarowanie oliwiarką i kropłowe . . . . .                                                                  | 455 |
| c. Smarowanie przez zanurzenie . . . . .                                                                      | 456 |
| d. Smarowanie przez natryskiwanie (obiegowe) . . . . .                                                        | 458 |
| 3. Wymiana oleju . . . . .                                                                                    | 459 |
| 4. Chłodzenie oleju . . . . .                                                                                 | 460 |
| a. Wywiązywanie się ciepła i jego odprowadzanie . . . . .                                                     | 460 |
| b. Określenie ilości oleju chłodzonego . . . . .                                                              | 461 |
| c. Odbieranie ciepła przez wodę chłodzącą . . . . .                                                           | 462 |
| <b>XV. Obliczanie nacisków łożyskowych</b> . . . . .                                                          | 463 |
| 1. Obliczanie nacisków w walcowej przekładni czołowej o zębach prostych . . . . .                             | 463 |
| a. Określenie wielkości nacisków między zębami i od kół na wały . . . . .                                     | 463 |
| b. Obliczanie nacisków łożyskowych . . . . .                                                                  | 465 |
| 2. Obliczanie nacisków w walcowej przekładni czołowej o zębach śrubowych . . . . .                            | 466 |
| a. Określenie wielkości sił promieniowych i poosiowych . . . . .                                              | 466 |
| b. Obliczanie nacisków łożyskowych . . . . .                                                                  | 466 |
| c. Kierunki działania nacisków poosiowych . . . . .                                                           | 467 |
| 3. Obliczanie nacisków w stożkowych przekładniach czołowych . . . . .                                         | 469 |
| a. Określanie wielkości sił promieniowych i poosiowych oraz kierunków działania nacisków poosiowych . . . . . | 469 |
| b. Obliczanie nacisków łożyskowych . . . . .                                                                  | 472 |
| 4. Obliczanie nacisków w walcowej przekładni śrubowej . . . . .                                               | 473 |
| a. Określenie wielkości sił poosiowych i kierunków ich działania . . . . .                                    | 473 |
| b. Obliczanie nacisków łożyskowych . . . . .                                                                  | 473 |
| 5. Obliczanie nacisków w przekładni ślimakowej . . . . .                                                      | 474 |
| a. Określenie wielkości i kierunków działania sił . . . . .                                                   | 474 |
| b. Obliczanie nacisków łożyskowych . . . . .                                                                  | 475 |
| <b>XVI. Wytyczne konstrukcji kół i przekładni zębatych</b> . . . . .                                          | 476 |
| A. Wytyczne konstrukcji kół zębatych . . . . .                                                                | 476 |
| 1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                     | 476 |
| 2. Rozwiązania konstrukcyjne kół zębatych . . . . .                                                           | 476 |
| a. Uwagi wstępne . . . . .                                                                                    | 476 |
| b. Przykłady rozwiązań kół jednolitych . . . . .                                                              | 477 |
| c. Przykłady rozwiązań kół składanych . . . . .                                                               | 479 |
| 1) Wpływ przeznaczenia koła . . . . .                                                                         | 479 |
| 2) Wpływ oszczędności kosztownego materiału . . . . .                                                         | 480 |
| 3) Wpływ technologii . . . . .                                                                                | 482 |
| a) Postać materiału wyjściowego . . . . .                                                                     | 483 |
| b) Wpływ obróbki skrawaniem . . . . .                                                                         | 483 |
| c) Wpływ obróbki cieplnej . . . . .                                                                           | 487 |
| d) Inne wpływy . . . . .                                                                                      | 489 |
| 3. Wymiary kół odłanych . . . . .                                                                             | 489 |
| a. Wymiary piasty . . . . .                                                                                   | 489 |
| b. Wymiary wieńca . . . . .                                                                                   | 491 |
| c. Obliczanie ramion . . . . .                                                                                | 491 |

|                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4. Wymiary kół z włączanymi wieńcami . . . . .                                                                                 | 492 |
| 5. Wymiarowanie kół zębatach . . . . .                                                                                         | 493 |
| a. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                                      | 493 |
| b. Wymiarowanie wałcowych kół zębatach . . . . .                                                                               | 493 |
| 1) Wymiary zamieszczone na rysunku koła . . . . .                                                                              | 493 |
| 2) Tabela zamieszczona na rysunku . . . . .                                                                                    | 494 |
| c. Wymiarowanie stożkowych kół zębatach . . . . .                                                                              | 495 |
| 1) Wymiary zamieszczone na rysunku koła . . . . .                                                                              | 495 |
| 2) Tabela zamieszczona na rysunku . . . . .                                                                                    | 495 |
| d. Wymiarowanie przekładni ślimakowych . . . . .                                                                               | 496 |
| 1) Wymiarowanie ślimaka . . . . .                                                                                              | 496 |
| 2) Wymiarowanie koła ślimakowego . . . . .                                                                                     | 496 |
| B. Wytyczne konstrukcji przekładni zębatach . . . . .                                                                          | 498 |
| 1. Ogólne zasady konstruowania przekładni zębatach . . . . .                                                                   | 498 |
| a. Układy sił działających w przekładni . . . . .                                                                              | 498 |
| b. Układy przekładni w skrzynkach przekładniowych stałych . . . . .                                                            | 499 |
| c. Najważniejsze układy przekładni obiegowych (planetarnych) i sumujących (różnicowych) oraz kinematyczne zależności . . . . . | 501 |
| 2. Przykłady konstrukcyjnych rozwiązań przekładni . . . . .                                                                    | 506 |
| — Zestawienie porównawcze jednostek miar wg układu międzynarodowego SI i technicznego MKpS . . . . .                           | 514 |
| — Zestawienie porównawcze oznaczeń wg ISO i stosowanych w wydaniach poprzednich i obecnie . . . . .                            | 515 |
| <b>Literatura</b> . . . . .                                                                                                    | 519 |
| Książki . . . . .                                                                                                              | 519 |
| Czasopisma . . . . .                                                                                                           | 523 |
| Normy . . . . .                                                                                                                | 529 |
| <b>Skorowidz rzeczowy</b> . . . . .                                                                                            | 530 |