

Spis treści

Wstęp	9
1. Wiadomości podstawowe	10
1.1. Definicje i klasyfikacja	10
1.2. Specyfika wałów jako przedmiotu projektowania	11
1.3. Obciążenie wałów	14
1.4. Ogólne warunki wytrzymałościowe, współczynniki bezpieczeństwa	17
1.5. Zagadnienie sztywności	18
1.6. Materiały stosowane na wały maszynowe	19
2. Kształtowanie wałów	20
2.1. Ogólne zasady	20
2.2. Postulat równomiernej wytrzymałości	22
2.3. Wał pełny czy drążony	25
2.4. Kształtowanie czopów	25
2.5. Promienie zaokrągleń i podcięcia obróbkowe	26
2.6. Wpływ sposobu osadzenia piast na kształtowanie wałów	28
2.7. Unikanie błędu podwójnego osiowania	33
2.8. Wpływ układu łożyskowania na kształt wałów	34
2.9. Wpływ zasady stosowania łożysk o jednakowej trwałości	35
2.10. Kształtowanie powierzchni swobodnych wału	35
2.11. Zasada unikania działania karbu	36
2.12. Wybór sposobu tolerancji położenia czopów	38
2.13. Przebieg procesu kształtowania wału	39
3. Wstępne obliczenia wytrzymałościowe	43
3.1. Wprowadzenie	43
3.2. Szczegółowe warunki wytrzymałościowe	43
3.2.1. Obliczanie średnic przy jednowymiarowym stanie naprężeń	43
3.2.2. Wielowymiarowy stan naprężeń	44
3.3. Obliczenia wytrzymałościowe wałów statycznie wyznaczalnych	48
3.3.1. Proste przypadki obciążenia	48
3.3.2. Trudniejsze przypadki zmienności obciążenia	58
3.4. Obliczenia wytrzymałościowe wałów statycznie niewyznaczalnych	72
4. Sprawdzanie ugięcia i skręcenia metodami statyki	77
4.1. Obliczanie ugięcia wału	77
4.2. Ugięcie wałów w przypadkach statycznie niewyznaczalnych	84

4 3. Określenie ugięć dopuszczalnych	86
4.4. Obliczanie kątów skręcenia	87
5. Uwagi o obliczeniach wstępnych i kształtowaniu wałów wykorbionych	88
5.1. Uwagi ogólne	88
5.2. Wstępne obliczenia wałów maszyn tłokowych	89
5.2.1 Momenty skręcające w czopach głównych	91
5.2.2. Czopy łożysk korbowodowych	91
5.2.3. Ramiona wykorbień	92
5.3. Kształtowanie wykorbień	94
6. Prędkości krytyczne wirujących wałów	96
6.1. Wyjaśnienie zjawiska i wnioski praktyczne	96
6.2. Obliczanie prędkości krytycznych	102
6.3. Prędkości krytyczne drugiego rodzaju	110
6.4. Wpływ siły ciężkości na prędkości krytyczne	111
6.5. Wpływ sprężystości podpór na stan krytyczny	112
6.6. Wpływ tłumienia na stan krytyczny	114
6.7. Wpływ siły osiowej na prędkości krytyczne	117
6.8. Oszacowanie dynamicznych ugięć wału i reakcji w łożyskach	118
6.9. Uwagi praktyczne	121
7. Drgania skrętne wałów i problemy przeciążeń rozruchowych	122
7.1. Wprowadzenie	122
7.2. Obliczanie częstości drgań własnych wału z osadzonymi kołami	123
7.3. Redukcja wałów o różnym kształcie do modelu z n tarczami	130
7.4. Analiza drgań skrętnych wałów wykorbionych metodą redukcji do modelu z paragrafu 7.2	132
7.5. Swobodne drgania skrętne wału bez kół	135
7 6. Tłumienie drgań skrętnych	140
7.6.1. Różne rodzaje tłumienia	140
7.6.2. Wahadłowe tłumiki drgań skrętnych	143
7.7. Problem przeciążeń rozruchowych	146
8. Model dynamiczny jako podstawa obliczeń	149
8.1. Celowość analizy dynamicznej przy projektowaniu	149
8.2. Modele dynamiczne wału na sprężystych podporach	149
8.3. Metody analizy dynamicznej	153
8.4. Wnioski	153
9. Sprawdzające obliczenia zmęczeniowe	154
9.1. Ogólne zasady postępowania	154
9.2. Postaciowo-zmęczeniowa wytrzymałość wałów wykorbionych	158

10. Uwagi o wyrównoważaniu	161
10.1. Wyrównoważanie wirnika sztywnego	161
10.2. Wyrównoważanie wirników sprężystych	163
10.3. Niewyrównoważenie dopuszczalne	165
Literatura	167
Dodatek	168
Tablica D.1. Wskaźniki przekrojów na zginanie i skręcanie ($I = W \frac{D}{2}$)	168
Tablica D.2. Masowe momenty bezwładności elementów wykorbień	169
Tablica D.3. Ugięcie w typowych przypadkach podparcia belek (wałów) o stałej sztywności	170
Tablica D.4. Zestawienie zależności układ rzeczywisty — układ wtórny	172
Tablica D.5. Naciski dopuszczalne (według [23])	173
Tablica D.6. Normalne promienie zaokrągleń w mm, według PN-82/M-02045	173
Tablica D.7. Wymiary podcięć obróbkowych, według PN-58/M-02043	174
Tablica D.8. Normalne długości wpustów / w zależności od szerokości b, według PN-70/M-85005	174
Tablica D.9. Odchyłki głębokości rowków pod wpusty dla wałów i piast	174
Tablica D.10 Wpusty czółenkowe	175
Tablica D.11. Wielowypusty prostokątne	176
Tablica D.12. Dopuszczalne odchyłki niewspółosiowości łożysk tocznych	177
Tablica D.13. Zalecane pasowania czopów łożyskowych dla normalnych obciążeń i w przypadku ruchomego wału, według PN-71/M-86413	177
Tablica D.14. Czopy końcowe wałów, według PN-78/M-85000	178
Rysunki D.1÷D.6. Wykresy pomocnicze do obliczeń zmęzeniowych	179
Wykaz norm pomocniczych przy projektowaniu (cytowanych w tekście)	185