

Spis treści

Przedmowa – 11

1. Wprowadzenie do problematyki konstruowania – 15

Marek Dietrich (p. 1.1, 1.2), *Włodzimierz Ozimowski* (p. 1.3÷1.7),
Jacek Stupnicki (p. 1.8)

- 1.1. Proces konstruowania – 15
- 1.2. Kryteria oceny konstrukcji – 23
- 1.3. Zasady wytwarzania maszyn – 27
 - 1.3.1. Półfabrykaty – 28
 - 1.3.2. Przetwarzanie półfabrykatów – 33
 - 1.3.3. Montaż – 36
- 1.4. Dokładność elementów maszyn – 38
 - 1.4.1. Dokładności wymiarów liniowych – 38
 - 1.4.2. Pasowania – 40
 - 1.4.3. Chropowatość powierzchni – 41
 - 1.4.4. Odchyłki kształtu i położenia – 44
- 1.5. Normalizacja w budowie maszyn – 44
- 1.6. Unifikacja – 45
- 1.7. Wybrane problemy ochrony patentowej – 46
- 1.8. Materiały konstrukcyjne – 48
 - 1.8.1. Właściwości mechaniczne materiałów konstrukcyjnych – 55
 - 1.8.2. Właściwości fizyczne materiałów konstrukcyjnych – 61
 - 1.8.3. Właściwości technologiczne materiałów konstrukcyjnych – 63
- Bibliografia – 66

2. Modelowanie i optymalizacja – 68

Marek Dietrich (p. 2.1÷2.3), *Włodzimierz Ozimowski* (p. 2.4, 2.5)

- 2.1. Ogólne problemy modelowania – 68
 - 2.1.1. Istota i potrzeba modelowania – 68

- 2.1.2. Model nominalny – 71
- 2.1.3. Model matematyczny – 77
- 2.1.4. Zjawiska losowe w maszynach – 81
- 2.1.5. Identyfikacja parametrów modelu – 83
- 2.2. Metody badania modeli matematycznych – 84
- 2.3. Optymalizacja w budowie maszyn – 85
 - 2.3.1. Problematyka optymalizacji – 85
 - 2.3.2. Model optymalizacyjny – 86
 - 2.3.3. Deterministyczne metody optymalizacji – 97
 - 2.3.4. Losowe metody optymalizacji – 110
- 2.4. Mieszane metody optymalizacji – 112
 - 2.4.1. Metoda gradientowo-losowa – 112
 - 2.4.2. Metoda kompleks – 113
- 2.5. Programowanie dynamiczne – 115
- Bibliografia – 125

3. Wspomaganie komputerowe w budowie maszyn – 126

Bohdan Korytkowski

- 3.1. Wprowadzenie – 126
- 3.2. Systemy komputerowego wspomagania projektowania, konstruowania i kreślenia CAD 2D – 128
 - 3.2.1. Informacje ogólne – 128
 - 3.2.2. Wymagania sprzętowe – 128
 - 3.2.3. Ogólne zasady pracy z programem – 129
 - 3.2.4. Technika pracy – 130
 - 3.2.5. Organizacja pracy – 132
 - 3.2.6. Nakładki na programy CAD – 134
- 3.3. Zintegrowane systemy CAD/CAM/CAE – 134
 - 3.3.1. Informacje ogólne – 134
 - 3.3.2. Wymagania sprzętowe – 137
 - 3.3.3. Ogólne zasady pracy w systemie – 137
- 3.4. CAD w zintegrowanym systemie CAD/CAM/CAE – 138
 - 3.4.1. Modelowanie geometryczne 3D – 139
 - 3.4.1.1. Narzędzia modelowania – 139
 - 3.4.1.2. Organizacja plików – 143
 - 3.4.1.3. Technika modelowania – 144
 - 3.4.1.4. Modelowanie parametryczne – korzyści i zakres zastosowań – 147
 - 3.4.1.5. Analiza elementów modelu geometrycznego – 150
 - 3.4.2. Złożenia – 152
 - 3.4.2.1. Zasady tworzenia złożzeń – 152
 - 3.4.2.2. Wiązanie między sobą parametrów różnych części, wchodzących w skład złożenia – 154
 - 3.4.2.3. Rysunki eksplodowane złożzeń – 154
 - 3.4.2.4. Organizacja struktury złożenia – 155
 - 3.4.3. Rysunek techniczny – 155
 - 3.4.4. Niektóre programy CAE – 156
 - 3.4.4.1. Programy z zastosowaniem metody elementów skończonych (MES) – 156
 - 3.4.4.2. Programy do analizy mechanizmów – 156
- 3.5. Języki programowania związane z programami CAD – 157
 - Bibliografia – 157

4. Niezawodność i bezpieczeństwo – 158

Tadeusz Szopa

- 4.1. Wprowadzenie w problematykę niezawodności i bezpieczeństwa – 158
- 4.2. Pojęcia i miary niezawodności – 160
 - 4.2.1. Ogólny model procesu powstawania niesprawności obiektu – 160
 - 4.2.2. Opisowa definicja pojęcia niezawodności – 166
 - 4.2.3. Miary niezawodności – 168
 - 4.2.3.1. Podstawowe miary niezawodności – 168
 - 4.2.3.2. Miary niezawodności charakterystyczne dla obiektów odnawianych – 181
- 4.3. Zagadnienia wyboru poziomu niezawodności – 183
- 4.4. Struktura niezawodnościowa – 189
 - 4.4.1. Ważniejsze modele struktur niezawodnościowych – 189
 - 4.4.2. Wybór postaci struktury niezawodnościowej – 193
 - 4.4.3. Opis zależności stochastycznych między czasami funkcjonowania elementów – 194
 - 4.4.4. Wykorzystanie metod drzew do opisu struktury niezawodnościowej i przebiegu zdarzeń niepożądanych – 196
- 4.5. Modelowanie i analiza niezawodności – 203
 - 4.5.1. Możliwości kształtowania poziomu niezawodności obiektu w fazie jego projektowania – 203
 - 4.5.2. Modelowanie i analiza niezawodności elementu obiektu mechanicznego – 206
 - 4.5.3. Modelowanie niezawodności obiektu złożonego z wielu elementów – 215
 - 4.5.4. Analiza niezawodności obiektu złożonego z wielu elementów – 226
 - 4.5.5. Niezawodność człowieka – 231
- 4.6. Projektowanie odnowy profilaktycznej – 237
- 4.7. Eksperymentalne badania niezawodności – 242
- 4.8. Bezpieczeństwo człowieka w systemach człowiek–technika–środowisko – 249
 - 4.8.1. Wstęp – 249
 - 4.8.2. Podstawowe pojęcia – 252
 - 4.8.3. Miary ryzyka i miary bezpieczeństwa – 256
 - 4.8.4. Związki miar ryzyka z miarami niezawodności i zagrożeń – 260
 - 4.8.5. Jakościowa analiza ryzyka – 264
 - 4.8.6. Ilościowa analiza ryzyka – 267
 - 4.8.6.1. Probabilistyczny model ryzyka – 267
 - 4.8.6.2. Modelowanie zagrożeń – 269
 - 4.8.6.3. Modelowanie niezawodności – 271
 - 4.8.6.4. Procedura modelowania i analizy ryzyka – 271
 - 4.8.6.5. Uwagi dodatkowe – 273
 - 4.8.6.6. Czynniki ludzkie w analizach ryzyka – 274
 - 4.8.7. Problemy zarządzania bezpieczeństwem – 274
 - 4.8.8. Projektowanie bezpieczeństwa – 278
- Bibliografia – 278

5. Wytrzymałość elementów konstrukcyjnych na pękanie – 282

Stanisław Kocańda

- 5.1. Wprowadzenie – 282
- 5.2. Elementy liniowej mechaniki pękania. Pękanie kruche i quasi-kruche – 288
- 5.3. Współczynnik bezpieczeństwa – 298
- 5.4. Elementy nieliniowej mechaniki pękania – 301

- 5.4.1. Plastyczność w strefie pękania – 301
- 5.4.2. Rozwarcie wierzchołka szczeliny – 304
- 5.4.3. Całka J – 306
- 5.5. Pękanie plastyczne. Ujęcie ogólne – 309
- 5.6. Kryteria porównawcze pękania plastycznego i kruchego – 311
- 5.7. Wykres oceny pękania – 314
- Bibliografia – 318

6. Wytrzymałość zmęczeniowa i podstawy obliczeń zmęczeniowych – 319

Stanisław Kocańda

- 6.1. Naprężenia zmienne i przebieg zmęczenia – wiadomości wstępne i podstawowe pojęcia – 319
 - 6.1.1. Naprężenia zmienne – 320
 - 6.1.2. Wykresy Wöhlera. Granice zmęczenia – 324
 - 6.1.2.1. Wykresy Wöhlera w ujęciu statystycznym – 331
 - 6.1.3. Wykresy zmęczeniowe – 335
 - 6.1.4. Zjawiska zmęczenia w metalach i ich przebieg – 341
 - 6.1.5. Przełomy zmęczeniowe – 346
- 6.2. Czynniki wpływające na wytrzymałość zmęczeniową – 351
 - 6.2.1. Działanie karbu – 351
 - 6.2.1.1. Pojęcia ogólne. Współczynniki kształtu – 351
 - 6.2.1.2. Współczynnik działania karbu – 367
 - 6.2.1.3. Zmniejszanie wpływu karbu przez konstrukcyjne kształtowanie – 374
 - 6.2.2. Wpływ wielkości przedmiotu – 379
 - 6.2.3. Wpływ rodzaju obróbki i stanu warstwy wierzchniej – 381
 - 6.2.3.1. Obróbka skrawaniem – 381
 - 6.2.3.2. Obróbki polepszające warstwę wierzchnią – 383
 - 6.2.4. Działanie korozji i ośrodków aktywnych – 387
 - 6.2.5. Wpływ temperatury – 389
- 6.3. Współczynniki bezpieczeństwa i dopuszczalne naprężenia. Schemat obliczeń – 390
 - 6.3.1. Cykle symetryczne – 390
 - 6.3.2. Cykle niesymetryczne – 396
 - 6.3.3. Obliczenia wstępne – 404
 - 6.3.4. Obliczenia sprawdzające i korekcyjne – 406
- 6.4. Obliczenia zmęczeniowe przy obciążeniach złożonych – 408
- 6.5. Probabilistyczne metody obliczeń zmęczeniowych – 414
 - 6.5.1. Ocena prawdopodobieństwa zniszczenia elementów – 414
 - 6.5.2. Ocena prawdopodobieństwa zniszczenia przy określonej wartości współczynnika bezpieczeństwa – 422
- 6.6. Obliczenia w zakresie ograniczonej wytrzymałości zmęczeniowej – 426
 - 6.6.1. Naprężenia zastępcze i współczynniki bezpieczeństwa – 431
 - 6.6.2. Probabilistyczna ocena niezawodności z wykorzystaniem hipotezy kumulacji uszkodzeń – 433
- 6.7. Zakres małej liczby cykli obciążenia – 439
 - 6.7.1. Uwagi wstępne. Pętle histerezy i wykresy cyklicznego odkształcenia – 439
 - 6.7.2. Podstawowe zależności do obliczeń zmęczeniowych. Kryteria odkształceniowe – 444
 - 6.7.3. Kryteria energetyczne – 450

- 6.7.4. Działanie karbu. Współczynniki bezpieczeństwa – 455
- 6.8. Obliczenia na podstawie prędkości zmęczeniowego pękania – 464
- 6.8.1. Opis prędkości zmęczeniowego pękania – 464
- 6.8.2. Prędkość pękania a mikrobudowa powierzchni pęknięć – 478
- Bibliografia – 484

7. Badania eksperymentalne w budowie maszyn – 485

Jacek Stupnicki

- 7.1. Rola i cel badań eksperymentalnych – 485
- 7.2. Przygotowanie badań, opracowanie wyników, wnioskowanie – 487
 - 7.2.1. Podstawowe wielkości mierzone w budowie maszyn – 487
 - 7.2.2. Metodyka planowania i prowadzenia badań eksperymentalnych – 487
 - 7.2.3. Błędy pomiarów – 490
 - 7.2.3.1. Metody pomiarów – 490
 - 7.2.3.2. Źródła błędów – 491
 - 7.2.3.3. Klasyfikacja błędów – 493
 - 7.2.3.4. Ocena wyników pomiarów – 494
 - 7.2.3.5. Wyznaczanie parametrów wzorów empirycznych metodą najmniejszych kwadratów – 500
- 7.3. Metody pomiarów stosowane w badaniach konstrukcji i w budowie maszyn – 502
 - 7.3.1. Pomiary czasu, temperatury, promieniowania, wielkości akustycznych, magnetycznych, lepkości, masy i gęstości – 502
 - 7.3.1.1. Pomiar czasu – 502
 - 7.3.1.2. Pomiary temperatury – 502
 - 7.3.1.3. Pomiary promieniowania — defektoskopia rentgenowska – 506
 - 7.3.1.4. Pomiary wielkości akustycznych – 509
 - 7.3.1.5. Badania metodami magnetycznymi – 514
 - 7.3.1.6. Pomiar lepkości cieczy i gazów – 516
 - 7.3.1.7. Pomiar masy – 517
 - 7.3.1.8. Pomiary gęstości – 520
 - 7.3.2. Pomiary sił, momentów sił, ciśnień – 522
 - 7.3.2.1. Pomiary sił – 523
 - 7.3.2.2. Pomiar momentu skręcającego – 525
 - 7.3.2.3. Pomiary ciśnienia – 527
 - 7.3.3. Pomiary wielkości geometrycznych – 531
 - 7.3.3.1. Pomiary odległości – 531
 - 7.3.3.2. Pomiary kształtu elementów maszyn – 535
 - 7.3.3.3. Dyskretne metody pomiaru przemieszczeń – 540
 - 7.3.3.4. Polowe metody pomiaru przemieszczeń – 545
 - 7.3.4. Pomiary prędkości i drgań – 555
 - 7.3.4.1. Pomiary prędkości – 555
 - 7.3.4.2. Pomiary drgań – 555
 - 7.3.5. Pomiary odkształceń i naprężeń – 560
 - 7.3.5.1. Stan naprężenia – 560
 - 7.3.5.2. Stan odkształcenia – 563
 - 7.3.5.3. Pomiary odkształceń – 564
 - 7.3.5.4. Interferometryczne metody badania odkształceń i naprężeń – 572
- Bibliografia – 590

Skorowidz – 592