
S

pis treści

Od autorów	7
Wstęp	9
Cel i zakres mechaniki materiałów i konstrukcji	9
Modele konstrukcji – ich funkcje, podział, zasady tworzenia	10
Podstawy i metody analizy w mechanice konstrukcji	13
Podział wytrzymałościowych problemów inżynierskich	15

Część I

PODSTAWY MECHANIKI CIAŁA STAŁEGO

Rozdział 1. Wprowadzenie. Podstawowe pojęcia	17
1.1. Zadania i zakres mechaniki ciała stałego	17
1.2. Siły zewnętrzne i wewnętrzne	18
1.3. Naprężenia	20
1.4. Deformacja ciała stałego	21
1.5. Materiał rzeczywisty i jego idealizacja	23
1.5.1. Charakterystyka materiału rzeczywistego. Wykresy rozciągania dla metali	23
1.5.2. Modele materiałów – ciała idealnie sprężyste, plastyczne i sprężysto-plastyczne	26
1.5.3. Ciała izotropowe i anizotropowe	27
1.6. Idealizacja geometrii ciała i geometrii odkształceń	28
1.7. Ciała liniowe i nieliniowe	30
1.8. Ogólne zasady analizy ustrojów. Kryteria oceny bezpieczeństwa	32
Rozdział 2. Stan naprężenia	35
2.1. Uwagi wstępne	35
2.2. Transformacja płaskiego stanu naprężenia w punkcie	39
2.3. Geometryczny opis transformacji płaskiego stanu naprężenia. Koło Mohra	43

2.4. Transformacja przestrzennego stanu naprężenia w punkcie	50
2.4.1. Podstawowe zależności	50
2.4.2. Kierunki główne i naprężenia główne	54
2.4.3. Maksymalne naprężenia styczne. Część kulista i dewiatorowa tensora naprężenia	56
2.4.4. Geometryczny opis transformacji przestrzennego stanu naprężenia – koła Mohra	59
2.5. Przypadki szczególne stanu naprężenia	65
2.6. Równania równowagi	67
Rozdział 3. Stan odkształcenia	70
3.1. Uwagi wstępne	70
3.2. Związki między odkształceniami i przemieszczeniami	73
3.3. Transformacja płaskiego stanu odkształcenia w punkcie	77
3.4. Geometryczny opis transformacji płaskiego stanu odkształcenia. Koło Mohra	81
3.5. Transformacja przestrzennego stanu odkształcenia w punkcie	86
3.6. Zmiana objętości i kształtu. Odkształcenie objętościowe i postaciowe	90
Rozdział 4. Prawa konstytutywne i energia odkształcenia sprężystego	94
4.1. Uwagi wstępne	94
4.2. Uogólnione prawo Hooke’a	95
4.3. Uogólnione prawo Hooke’a dla materiałów izotropowych	97
4.3.1. Przemieszczeniowe równania równowagi	103
4.4. Ciała sprężysto-plastyczne	104
4.4.1. Warunki plastyczności	106
4.4.2. Prawo plastycznego płynięcia	109
4.5. Pełzanie	111
4.6. Energia odkształcenia sprężystego	114
Rozdział 5. Ogólne twierdzenia energetyczne	119
5.1. Zasada prac przygotowanych (wirtualnych). Twierdzenie o minimum całkowitej energii potencjalnej	119
5.2. Zasada dopełniających prac przygotowanych. Twierdzenie o minimum energii dopełniającej	124
5.3. Układy liniowo sprężyste	126
5.4. Zasady wzajemności przemieszczeń i prac	129
5.5. Twierdzenie Castigliano	130
Rozdział 6. Bezpieczeństwo konstrukcji	133
6.1. Ocena bezpieczeństwa konstrukcji. Kryteria zniszczenia	133
6.2. Hipotezy wytrzymałościowe dla materiałów izotropowych	135
6.2.1. Kryteria przejścia w stan plastyczny	136
6.2.2. Naprężenia zredukowane	140
6.2.3. Kryteria zniszczenia – hipoteza Mohra	148
Rozdział 7. Mechanizmy zniszczenia	153
7.1. Mechanika pękania	153
7.1.1. Ciało ze szczeliną	153
7.1.2. Szczelina Griffitha	154
7.1.3. Szczelina Griffitha w materiałach ciągliwych	159
7.1.4. Naprężenia w otoczeniu wierzchołka szczeliny	159
7.1.5. Metody hamowania propagacji szczelin	161

7.2. Zmęczenie materiałów	162
7.2.1. Podstawowe pojęcia	162
7.2.2. Wpływ naprężeń średnich na wytrzymałość zmęczeniową	167
7.2.3. Kumulacja uszkodzeń	172
7.2.4. Wpływ wielowymiarowości tensora naprężeń na wytrzymałość zmęczeniową	175
7.2.5. Wpływ innych czynników na wytrzymałość zmęczeniową	181
7.2.6. Zmęczenie niskocyklowe	182

Rozdział 8. Momenty bezwładności figur płaskich	183
8.1. Podstawowe pojęcia i definicje	183
8.2. Centralne osie bezwładności. Momenty bezwładności względem osi przesuniętych	185
8.3. Momenty bezwładności względem osi obróconych. Transformacja tensora bezwładności. Osie główne i główne centralne	186
8.4. Koło Mohra dla momentów bezwładności	188
8.5. Technika obliczania momentów bezwładności	190

Część II

LINIOWE USTROJE JEDNOWYMIAROWE

Rozdział 1. Wprowadzenie	199
1.1. Definicje i założenia	199
1.2. Podstawowe metody analizy ustrojów jednowymiarowych	204
1.3. Klasyfikacja ustrojów jednowymiarowych	210
1.4. Przyjmowany model a konstrukcje rzeczywiste	213

Rozdział 2. Pręty proste pryzmatyczne	217
2.1. Rozciąganie i ściskanie	217
2.1.1. Podstawowe założenia i zależności	217
2.1.2. Przykłady analizy prętów rozciąganych—ściskanych	221
2.2. Skręcanie swobodne	229
2.2.1. Podstawowe założenia i zależności	229
2.2.2. Skręcanie prętów o przekroju kołowym	233
2.2.3. Skręcanie prętów o przekrojach zwartych, niekołowych	240
2.2.4. Skręcanie rur cienkościennych	244
2.2.5. Skręcanie prętów cienkościennych o przekroju otwartym	252
2.3. Zginanie	257
2.3.1. Podstawowe pojęcia i założenia	257
2.3.2. Zginanie czyste	272
2.3.3. Zginanie poprzeczne	276
2.3.4. Deformacje przy zginaniu. Linia ugięcia pręta	288
2.3.5. Rozwiązanie w przemieszczeniach — problemy statycznie wyznaczalne i niewyznaczalne	299
2.3.6. Zginanie ukośne	310
2.3.7. Uwagi końcowe	316
2.4. Obciążenia złożone	319
2.5. Zginanie ze ścisaniem. Problemy stateczności	324
2.5.1. Analiza pracy prętów krępych	324
2.5.2. Analiza pracy prętów wiotkich poddanych ścisaniu i zginaniu	327
2.5.3. Stateczność sprężysta	329
2.5.4. Stateczność poza granicami sprężystości materiału. Ocena bezpieczeństwa prętów ściskanych	333

Rozdział 3. Podstawowe metody analizy konstrukcji prętowych. Zastosowanie zasad energetycznych	340
3.1. Definicje i założenia	340
3.2. Zasada prac przygotowanych. Wyznaczanie przemieszczeń metodą siły jednostkowej	343
3.3. Zasady wzajemności prac i przemieszczeń	353
3.4. Twierdzenie Clapeyrona. Energia odkształcenia sprężystego ustrojów prętowych	356
3.5. Twierdzenie o minimum całkowitej energii potencjalnej. Określanie przemieszczeń metodą Ritza i Galerkina	359
3.6. Twierdzenia Castigliano i Menabrei	367
3.7. Metody rozwiązywania konstrukcji statycznie niewyznaczalnych	372
3.7.1. Metoda sił	372
3.7.2. Metoda przemieszczeń	380
3.8. Symetria konstrukcji i obciążenia. Uproszczenia wynikające z zasady jednoznaczności rozwiązania	384
Rozdział 4. Ramy	388
4.1. Zastosowanie, klasyfikacja, metody rozwiązywania	388
4.2. Ramy płaskie płasko obciążone	391
4.2.1. Pierścieni kołowy obciążony osiowoosymetryczne	400
4.3. Ramy płaskie obciążone przestrzennie i ramy przestrzenne	401
4.3.1. Obciążone przestrzennie ramy płaskie	401
4.3.2. Ramy przestrzenne	406
4.3.3. Sprężyna śrubowa	407
4.4. Naprężenia montażowe i ciepłne. Wyznaczanie przemieszczeń w ustrojach statycznie niewyznaczalnych	410
4.5. Uwagi końcowe	417
Rozdział 5. Konstrukcje kratowe	419
5.1. Zastosowanie, klasyfikacja, metody rozwiązywania	419
5.2. Statyka konstrukcji kratowych	424
5.2.1. Model statyczny	424
5.2.2. Zasady budowania kratownic. Kryterium sztywności	425
5.2.3. Metody obliczania kratownic statycznie wyznaczalnych	428
5.2.4. Statycznie niewyznaczalne ustroje kratowe	434
5.2.5. Dobór sztywności elementów kratownicy. Problemy stateczności	439
Bibliografia	443
Skorowidz	446