



Spis treści

Oznaczenia	13
Wstęp	17
1. Metale w budownictwie	21
1.1. Procesy wytwarzania stali	21
1.1.1. Podstawowe pojęcia	21
1.1.2. Proces wielkopiecowy	22
1.1.3. Proces konwertorowy i martenowski	24
1.1.4. Odtlenianie stali	25
1.1.5. Odlewanie stali	26
1.1.6. Proces ciągłego odlewania stali	28
1.2. Podstawowe pojęcia fizyki metali	30
1.2.1. Budowa kryształu. Struktura krystaliczna metali	30
1.2.2. Stopy żelazo-węgiel. Układ równowagi	31
1.2.3. Struktura stali	33
1.2.4. Właściwości metali w świetle budowy krystalicznej	35
1.3. Obróbka cieplna stali. Naprężenia własne	39
1.3.1. Wyżarzanie, hartowanie, odpuszczanie, przesycanie, starzenie	39
1.3.2. Naprężenia własne	43
1.4. Właściwości fizyczne i mechaniczne stali	47
1.4.1. Próba rozciągania. Granice plastyczności i wytrzymałości stali	48
1.4.2. Wytrzymałość stali na ściskanie	52
1.4.3. Wpływ czasu, temperatury i powtórnego obciążenia na właściwości stali	52
1.4.4. Twardość, udurowienie, ciągliwość i kujność stali	56
1.4.5. Formy zniszczenia elementów stalowych	57
1.5. Hipotezy wytrzymałościowe	58
1.5.1. Stany naprężeń, wyężenie materiału	58
1.5.2. Hipoteza największego naprężenia stycznego	60
1.5.3. Hipoteza największej jednostkowej energii odkształcenia postaciowego	60
1.6. Zmęczenie stali i elementów konstrukcyjnych	63
1.6.1. Pojęcia podstawowe	63
1.6.2. Wykres Wöhlera	66
1.6.3. Obciążenia w procesach zmęczeniowych	67

1.6.4. Fazy procesu zmęczenia	70
1.6.5. Metoda obliczeń	71
1.6.6. Zmęczenie niskocyklowe	72
1.6.7. Zmęczenie wysokocyklowe	83
1.7. Gatunki stali stosowane w budownictwie	89
1.7.1. Klasyfikacja stali. Skład chemiczny	89
1.7.2. Stal niestopowa konstrukcyjna	94
1.7.3. Stal niskostopowa konstrukcyjna	94
1.7.4. Stal do produkcji rur	95
1.7.5. Stal trudnordzewiejąca	95
1.7.6. Staliwo	96
1.7.7. Stal o podwyższonej wytrzymałości	96
1.7.8. Ogólna ocena stali konstrukcyjnych	97
1.7.9. Kierunki rozwojowe w produkcji stali	97
1.8. Wyroby stalowe	98
1.8.1. Obróbka plastyczna stali	98
1.8.2. Technologia wytwarzania półwyrobów i wyrobów stalowych	99
1.8.3. Asortyment wyrobów stalowych	100
1.8.4. Zasady doboru kształtowników i blach na konstrukcje	105
1.9. Korozja stali i sposoby jej zapobiegania	105
1.9.1. Ogólny opis zjawiska	105
1.9.2. Metody i środki zabezpieczenia	108
1.10. Ochrona przed pożarem	110
1.11. Zastosowanie stopów aluminium	113
1.11.1. Wiadomości wstępne	113
1.11.2. Proces wytwarzania i właściwości aluminium	113
1.11.3. Stopy aluminium	114
1.11.4. Wyroby ze stopów aluminium	115
1.11.5. Założenia do wymiarowania konstrukcji ze stopów aluminium	118
2. Niezawodność konstrukcji metalowych	119
2.1. Wiadomości wstępne	119
2.2. Zarys teorii niezawodności	121
2.2.1. Deterministyczna ocena bezpieczeństwa	121
2.2.2. Metody probabilistyczne	122
2.2.3. Awaryjność konstrukcji	127
2.3. Metoda stanów granicznych	131
2.3.1. Wprowadzenie	131
2.3.2. Wytrzymałość obliczeniowa stali f_d	133
2.3.3. Obciążenia	136
2.3.4. Stany graniczne użytkowania	140
2.4. Modele obliczeniowe i klasyfikacja przekrojów	141
2.4.1. Modele obliczeniowe	141
2.4.2. Klasyfikacja przekrojów	143

3. Połączenia	153
3.1. Charakterystyka połączeń	153
3.2. Połączenia na nity i śruby	155
3.2.1. Wiadomości wstępne. Kategorie połączeń	155
3.2.2. Rodzaje nitów. Proces nitowania	156
3.2.3. Rodzaje śrub. Charakterystyka połączeń śrubowych	158
3.2.4. Praca nitów i śrub w połączeniach zakładkowych	164
3.2.5. Praca nitu lub śruby w szeregu w połączeniu zakładkowym	168
3.2.6. Zasady konstruowania połączeń nitowych i śrubowych w połączeniach zakładkowych	170
3.2.7. Zasady obliczania połączeń nitowych i śrubowych w połączeniach zakładkowych niesprężonych	173
3.2.8. Połączenia nakładkowe ciernie sprężone śrubami o wysokiej wytrzymałości	184
3.2.9. Połączenia doczołowe sprężone śrubami o wysokiej wytrzymałości	194
3.3. Połączenia spawane	209
3.3.1. Wiadomości wstępne	209
3.3.2. Metody spawania. Dobór elektrod. Kontrola spawania	213
3.3.3. Spawanie aluminium	218
3.3.4. Naprężenia spawalnicze. Rozkład naprężeń w spoinach	220
3.3.5. Rodzaje spoin i ogólne zasady konstruowania połączeń spawanych	224
3.3.6. Spoiny czołowe – zasady konstruowania i obliczania	227
3.3.7. Spoiny pachwinowe – zasady konstruowania i obliczania	235
3.4. Szczególne przypadki zastosowania spoin	245
3.4.1. Spoiny pachwinowe przerywane	245
3.4.2. Spoiny pachwinowe w otworach (otworowe)	246
3.4.3. Złącza ze spoinami czołowymi i pachwinowymi	246
3.5. Inne rodzaje połączeń	247
3.5.1. Połączenia zgrzewane	247
3.5.2. Połączenia zaciskowe lin	252
3.5.3. Połączenia klejone	257
3.5.4. Łączniki elementów lekkiej obudowy i łączenie stali z innymi materiałami	259
4. Elementy rozciągane	261
4.1. Założenia ogólne	261
4.2. Konstruowanie elementów rozciąganych	263
4.3. Obliczanie elementów rozciąganych wg PN-90/B-03200	265
5. Elementy ściskane	269
5.1. Wiadomości wstępne	269
5.2. Podstawowe pojęcia teorii wyboczenia	270
5.2.1. Praca elementów ściskanych	270
5.2.2. Wyboczenie sprężyste pręta idealnego	272
5.2.3. Pręt nieidealny. Wpływ wstępnego mimośrod	275
5.2.4. Wyboczenie niesprężyste	278

5.2.5. Wpływ naprężeń własnych	284
5.2.6. Długość wybozeniowa. Współczynnik długości wybozeniowej	286
5.2.7. Elementy ściskane mimośrodowo	289
5.2.8. Wyboczenie giętno-skrętne	293
5.3. Nośność elementów ściskanych w świetle przepisów normowych	297
5.3.1. Ściskanie osiowe z wyboczeniem giętym	297
5.3.2. Ściskanie z wyboczeniem giętno-skrętym	302
5.3.3. Ściskanie mimośrodowe	306
5.4. Elementy złożone ściskane osiowo	308
5.4.1. Podstawy teoretyczne stateczności pręta złożonego	308
5.4.2. Siła poprzeczna w prętach złożonych ściskanych osiowo	314
5.4.3. Obliczanie prętów ściskanych złożonych w świetle PN-90/B-03200	316
5.5. Projektowanie słupów	319
5.5.1. Informacje wstępne	319
5.5.2. Słupy pełnościennie ściskane osiowo	320
5.5.3. Słupy złożone ściskane osiowo	325
5.5.4. Obliczanie przewiązek w słupach złożonych	330
5.5.5. Obliczanie skratowania w słupach złożonych	338
5.6. Słupy mimośrodowo ściskane	341
5.6.1. Słupy pełnościennie mimośrodowo ściskane	341
5.6.2. Słupy złożone mimośrodowo ściskane	346
5.7. Głowice słupów	348
5.8. Podstawy słupów	349
5.8.1. Słupy ściskane osiowo	349
5.8.2. Słupy ściskane mimośrodowo	361
5.9. Styki słupów	372
6. Belki	377
6.1. Wiadomości wstępne	377
6.2. Obliczanie belek według teorii sprężystości	379
6.2.1. Zginanie	379
6.2.2. Dwukierunkowe zginanie i rozciąganie	382
6.2.3. Wpływ siły poprzecznej na nośność obliczeniową belki	382
6.2.4. Skręcanie	385
6.2.5. Zginanie i skręcanie	392
6.3. Podstawy obliczeń lekkich konstrukcji stalowych z kształtowników giętych z blach	394
6.3.1. Uwagi ogólne	394
6.3.2. Podstawy obliczeń	396
6.3.3. Obliczanie prętów cienkościennych wg teorii nośności nadkrytycznej	400
6.4. Stateczność ogólna (zwichrzenie)	404
6.4.1. Zagadnienia ogólne	404
6.4.2. Problem zwichrzenia w ujęciu PN-90/B-03200	407
6.5. Stateczność miejscowa	412
6.5.1. Wprowadzenie	412
6.5.2. Ścianki ściskane, ściskane mimośrodowo lub zginane w swojej płaszczyźnie	412

6.5.3. Ścianki ścinane	418
6.5.4. Środniki pod obciążeniem skupionym	418
6.5.5. Środniki w złożonym stanie naprężenia	420
6.5.6. Żebra usztywniające	421
6.6. Obliczanie belek według teorii plastyczności	425
6.6.1. Zasady ogólne	425
6.6.2. Nośność plastyczna przy czystym zginaniu	428
6.6.3. Nośność konstrukcji pracujących plastycznie	435
6.6.4. Obliczanie ugięć sprężysto-plastycznych	440
6.6.5. Zasady wykorzystania teorii plastyczności według norm i wytycznych	443
6.6.6. Wpływ odkształceń oraz stateczności ogólnej i lokalnej na nośność plastyczną	450
6.6.7. Sprawdzenie nośności pręta zginanego (podsumowanie)	452
6.7. Ogólne zasady projektowania belek	455
6.7.1. Ustalenie rozpiętości, sposobu podparcia i wysokości belek	455
6.7.2. Charakterystyka stropów stalowych	462
6.7.3. Klasyfikacja belek	467
6.7.4. Belki walcowane	469
6.7.5. Belki ażurowe	471
6.7.6. Ogólne zasady projektowania blachownic. Blachownice spawane	477
6.7.7. Blachownice nitowane	485
6.7.8. Blachownice wykonywane systemem przemysłowym	489
6.7.9. Blachownice z falistym środnikiem	500
6.7.10. Styki belek	504
6.7.11. Styki blachownic	508
6.7.12. Połączenia belek stropowych z blachownicami	514
6.7.13. Połączenia belek ze słupami	518
7. Kratownice	523
7.1. Wiadomości wstępne	523
7.2. Rodzaje kratownic płaskich i sposoby ich kształtowania	524
7.3. Zasady obliczania kratownic	526
7.3.1. Założenia i metody wyznaczania sił w prętach kratownic	526
7.3.2. Określenie wysokości kratownicy i ustalenie obciążeń	529
7.3.3. Sztywność kratownic	532
7.3.4. Długości wyboczeniowe i smukłości prętów kratownicy	533
7.3.5. Wymiarowanie prętów kratownic	537
7.4. Projektowanie kratownic (węzłów)	544
8. Ramy	559
8.1. Wiadomości wstępne	559
8.2. Stateczność prętów ram	559
8.2.1. Długości wyboczeniowe słupów ram w ujęciu teoretycznym	559
8.2.2. Długości wyboczeniowe słupów ram w ujęciu praktycznym (normowym) ...	564
8.3. Projektowanie prętów ram	570

8.3.1. Informacje wstępne. Zasady projektowania wg teorii I rzędu	570
8.3.2. Zasady uwzględniania wpływów II rzędu	572
8.4. Projektowanie naroży ram	579
8.4.1. Informacje wstępne	579
8.4.2. Naroża dwuramienne	580
8.4.3. Naroża trójrarmienne	588
8.4.4. Naroża ram wielopiętrowych	592
8.5. Węzły podatne ram	599
8.6. Przystosowanie się konstrukcji o właściwościach plastycznych	615
8.6.1. Wstęp	615
8.6.2. Badania cyklicznego i statycznego odkształcenia stali	618
8.6.3. Podstawowe twierdzenia przystosowania [63]	

9. Łożyska

9.1. Charakterystyka ogólna	623
9.2. Łożyska płaskie i styczne	623
9.3. Łożyska przegubowe i wałkowe	626
9.4. Łożyska gumowe	632
9.5. Łożyska z tworzyw sztucznych	632

Wykaz literatury

637