

Spis treści

<b>Przedmowa</b>	<b>11</b>
<b>Przedmowa do wydania drugiego</b>	<b>12</b>
<b>Wykaz podstawowych oznaczeń</b>	<b>13</b>
<b>1. Charakterystyka konstrukcji spawanych</b>	<b>15</b>
1.1. Cechy konstrukcji spawanych	15
1.2. Porównanie wyrobów spawanych z innymi technikami wytwarzania	19
<b>2. Charakterystyka i dobór stali na konstrukcje spawane</b>	<b>23</b>
2.1. Uwagi wstępne	23
2.2. Klasyfikacja i oznaczanie stali według Norm Europejskich	25
2.2.1. Podział stali wg PN-EN 10020	25
2.2.2. Oznaczanie stali wg PN-EN 10027-1	25
2.2.3. Oznaczanie stali wg PN-EN 10027-2	28
2.3. Charakterystyka spawalnych stali konstrukcyjnych	29
2.3.1. Stale niestopowe ogólnego przeznaczenia wg PN	29
2.3.2. Stale niskostopowe o podwyższonej wytrzymałości (SSPW) wg PN	32
2.3.3. Stale niestopowe konstrukcyjne wg EN 10025	35
2.3.4. Stale drobnoziarniste	38
2.3.5. Stale konstrukcyjne o podwyższonej wytrzymałości do obróbki plastycznej na zimno wg PN-EN 10149	46
2.3.6. Stale trudno rdzewiejące	47
2.3.7. Stale ferrytyczne do pracy w niskiej temperaturze	50
2.3.8. Stale stosowane w budowie maszyn	53
2.3.9. Staliwa konstrukcyjne	55
2.4. Dobór stali na konstrukcje spawane	56
2.4.1. Uwagi ogólne	56
2.4.2. Dobór stali niestopowych	58
2.4.3. Dobór stali o podwyższonej wytrzymałości ze względu na rodzaj obciążenia	59
2.4.4. Wytyczne doboru stali konstrukcyjnych ze względu na pękanie kruche	60
2.5. Dokumenty kontrolne wyrobów stalowych	65
<b>3. Naprężenia spawalnicze</b>	<b>66</b>
3.1. Definicje i klasyfikacja naprężeń spawalniczych	66
3.2. Mechanizm powstawania naprężeń w pręcie	68
3.3. Rozkłady spawalniczych naprężeń własnych	71

3.4. Wpływ naprężeń spawalniczych na zachowanie się konstrukcji	76
3.5. Odprężanie konstrukcji spawanych	81
<b>4. Odształcenia spawalnicze</b>	<b>83</b>
4.1. Uwagi wstępne	83
4.2. Klasyfikacja odkształceń spawalniczych	84
4.3. Odształcenia wzdłużne i wygięcia	86
4.3.1. Obliczanie odkształceń dla prostych przypadków spawania	86
4.3.2. Wpływ naprężeń wstępnych na odkształcenia	89
4.3.3. Wpływ kolejności spawania na odkształcenia wzdłużne i wygięcia	91
4.3.4. Sposoby zmniejszania odkształceń wzdłużnych i wygięć	92
4.4. Odształcenia poprzeczne	95
4.4.1. Charakterystyka odkształceń poprzecznych	95
4.4.2. Obliczanie odkształceń poprzecznych	96
4.5. Odształcenia kątowe	100
4.5.1. Charakterystyka odkształceń kątowych	100
4.5.2. Wpływ czynników technologicznych na odkształcenia kątowe	101
4.6. Miejscowa utrata stateczności (płaskości)	104
<b>5. Pękanie złączy i konstrukcji spawanych</b>	<b>107</b>
5.1. Ogólna charakterystyka pęknięć	107
5.2. Elementy mechaniki pękania	110
5.2.1. Ogólna charakterystyka mechaniki pękania	110
5.2.2. Liniowo sprężysta mechanika pękania	111
5.2.3. Sprężysto-plastyczna mechanika pękania	117
5.2.3.1. Odształcenia plastyczne na czole szczeliny	117
5.2.3.2. Kryterium rozwarcia szczeliny model CTOD	118
5.2.3.3. Model Rice'a - całka J	119
5.3. Pęknięcia gorące	121
5.4. Pęknięcia zimne	122
5.5. Pękanie lamelarne	125
5.5.1. Anizotropia właściwości mechanicznych materiałów polikrystalicznych	125
5.5.2. Pękanie lamelarne zjawisko i zapobieganie	126
5.6. Pękanie kruche	130
5.6.1. Charakterystyka pękania kruchego	130
5.6.2. Czynniki wpływające na kruchość stali	132
5.6.2.1. Warunki pracy materiału w konstrukcji	132
5.6.2.2. Metalurgiczny stan materiału	134
5.6.2.3. Proces wytwarzania konstrukcji	135
5.6.3. Badania odporności konstrukcji spawanych na pękanie kruche	136
5.6.4. Kierunki projektowania	138
<b>6. Zmęczenie konstrukcji spawanych</b>	<b>139</b>
6.1. Charakterystyka pękania zmęczeniowego	139
6.2. Nazwy, określenia, oznaczenia	142
6.3. Działanie karbów	144

6.3.1. Spiętrzenie naprężeń współczynnik kształtu	144
6.3.2. Zależność między karbem a zmęczeniem współczynnik karbu	145
6.3.3. Przykłady spiętrzenia naprężeń w złączach spawanych	146
6.4. Wykres Wöhlera	147
6.5. Specyficzne cechy zmęczenia złączy spawanych	149
6.5.1. Wytrzymałość zmęczeniowa złączy spawanych ze stali o podwyższonej wytrzymałości	149
6.5.2. Stopiwo i strefa wpływu ciepła	151
6.5.3. Wpływ naprężeń własnych	153
6.5.4. Wpływ metody spawania	156
6.5.5. Wpływ wad (niezgodności) spawalniczych	157
6.6. Sposoby zwiększania wytrzymałości zmęczeniowej	160
6.6.1. Usuwanie lub zmniejszanie obciążenia	160
6.6.2. Zmniejszenie naprężeń w przekroju niebezpiecznym	160
6.6.3. Ulepszanie rozwiązania konstrukcyjnego	161
6.6.4. Miejscowa obróbka skrawaniem	164
6.6.5. Techniki związane z naprężeniami własnymi	165
6.6.6. Porównanie technik zwiększania wytrzymałości zmęczeniowej	167
6.7. Prędkość propagacji pęknięć zmęczeniowych	168
6.8. Obciążenia zmienne nieregularne; sumowanie uszkodzeń	170
<b>7. Wstęp do projektowania połączeń spawanych</b>	<b>175</b>
7.1. Charakterystyka złączy i spoin	175
7.2. Przygotowanie brzegów złączy do spawania	182
7.3. Oznaczanie i wymiarowanie spoin na rysunkach	193
7.3.1. Postanowienia ogólne	193
7.3.2. Znaki podstawowe spoin	195
7.3.3. Umiejscowienie znaków spoin na rysunkach	197
7.3.4. Oznaczenia uzupełniające	199
7.4. Wymiary spoin	201
7.5. Technologiczność konstrukcji spawanych	203
7.6. Projektowanie połączeń spawanych - zalecenia ogólne	205
7.7. Dokładność wykonania konstrukcji spawanych	222
7.8. Kształtowanie połączeń narażonych na korozję	225
7.9. Konstrukcje cynkowane ogniowo	228
7.10. Oznaczenia cyfrowe metod spajania	231
7.11. Pozycje spawania	233
<b>8. Obliczanie wytrzymałości połączeń spawanych</b>	<b>237</b>
8.1. Metody wymiarowania konstrukcji stalowych	237
8.2. Obliczanie wytrzymałości statycznej połączeń wg PN-90/B-03200	239
8.2.1. Wytrzymałość obliczeniowa stali i spoin	239
8.2.2. Obliczanie naprężeń w spoinach czołowych	241
8.2.2.1. Rozciąganie i ściskanie osiowe	241
8.2.2.2. Zginanie	242
8.2.2.3. Ścinanie	242
8.2.2.4. Skręcanie	244

8.2.2.5. Spoiny czołowe obciążone naprężeniami normalnymi i stycznymi	246
8.2.3. Obliczanie naprężeń w spoinach pachwinowych	246
8.2.4. Inne spoiny	251
8.3. Przykłady obliczeń	252
8.4. Obliczanie wytrzymałości zmęczeniowej połączeń spawanych wg PN-90/B-03200	266
8.4.1. Postanowienia ogólne	266
8.4.2. Zakres zmienności naprężeń	266
8.4.3. Wytrzymałość zmęczeniowa	267
8.4.4. Warunki nośności	270
<b>9. Elementy spawane w budownictwie stalowym</b>	<b>273</b>
9.1. Słupy	273
9.1.1. Podstawy słupów	273
9.1.2. Trzony słupów	276
9.1.2.1. Trzony słupów pełnościennych ściskanych osiowo	276
9.1.2.2. Trzony słupów złożonych ściskanych osiowo	279
9.1.2.3. Trzony skratowane	282
9.1.3. Głowice słupów	283
9.1.4. Styki słupów	284
9.2. Belki	288
9.2.1. Charakterystyka ogólna	288
9.2.2. Belki walcowane	288
9.2.3. Blachownice spawane	290
9.2.4. Belki ażurowe	294
9.3. Styki blachownie	295
9.4. Połączenia spawane belek ze słupami	300
9.5. Połączenia poprzeczne belek	304
9.6. Żebra usztywniające	307
9.7. Konstrukcje naroży ram	311
9.8. Kratownice	314
9.8.1. Pręty kratownic	316
9.8.2. Węzły kratownic	317
9.9. Łączenie prętów zbrojeniowych	322
9.10. Spawane konstrukcje rurowe	329
9.10.1. Uwagi ogólne	329
9.10.2. Wytrzymałość połączeń konstrukcji rurowych	330
9.10.3. Połączenia kątowe z rur okrągłych przykłady rozwiązań	332
9.10.4. Połączenia rur o przekroju prostokątnym	335
9.10.5. Połączenia doczołowe rur	337
<b>10. Połączenia spawane w zbiornikach, naczyniach ciśnieniowych i rurociągach</b>	<b>340</b>
10.1. Wiadomości wstępne	340
10.2. Zbiorniki walcowe pionowe	342
10.3. Naczynia ciśnieniowe	347

10.3.1. Materiały stosowane do budowy naczyń ciśnieniowych	347
10.3.2. Projektowanie i wytwarzanie połączeń spawanych - wymagania ogólne	347
10.3.3. Przykład konstrukcji kulistego zbiornika ciśnieniowego	350
10.4. Sprawdzenie grubości ścianki płaszcza zbiornika	352
10.4.1. Zbiornik kulisty	352
10.4.2. Zbiornik walcowy	352
10.5. Konstrukcja den ciśnieniowych zbiorników walcowych i ich łączenie z płaszczem	353
10.6. Konstrukcja i spawanie łączników oraz kształtek w naczyniach ciśnieniowych i rurociągach	355
10.7. Łączniki rurowe specjalne	367
<b>11. Połączenia spawane w konstrukcjach maszyn i urządzeń</b>	<b>370</b>
11.1. Stalowe ustroje dźwignic	370
11.1.1. Wprowadzenie	370
11.1.2. Materiały	371
11.1.3. Wymiarowanie ustrojów nośnych	371
11.1.4. Wytrzymałość obliczeniowa stali i spoin	371
11.2. Połączenia spawane w elementach nośnych dźwignic	376
11.2.1. Podział i dobór złączy spawanych	376
11.2.2. Projektowanie, wykonywanie i obliczanie złączy spawanych	377
11.3. Elementy i połączenia spawane w budowie maszyn	379
11.3.1. Uwagi o wyborze techniki wytwarzania	379
11.3.2. Projektowanie wybranych elementów maszyn	380
<b>12. Metody spawania i materiały dodatkowe do spawania stali konstrukcyjnych</b>	<b>396</b>
12.1. Charakterystyka i wybór metod spawania stali konstrukcyjnych	396
12.2. Wytyczne doboru materiałów dodatkowych do spawania stali konstrukcyjnych	402
12.3. Elektrody otulone do spawania stali konstrukcyjnych	406
12.3.1. Charakterystyka elektrod ze względu na rodzaj rdzenia i otuliny	406
12.3.2. Oznaczanie elektrod otulonych do spawania stali konstrukcyjnych	408
12.4. Druty elektrodowe lite do spawania łukowego w osłonie gazów metodą MAG	410
12.5. Druty proszkowe do spawania stali konstrukcyjnych	411
12.6. Topniki do spawania łukiem krytym stali konstrukcyjnych	414
12.7. Kombinacja drut-topnik do spawania łukiem krytym	416
12.8. Druty i pręty do spawania metodą TIG	417
<b>13. Badania nieniszczące stalowych złączy spawanych</b>	<b>419</b>
13.1. Niezgodności (wady) geometryczne w spoinach i złączach spawanych	419
13.2. Poziomy jakości stalowych złączy spawanych wg PN-EN 25817	426
13.3. Charakterystyka badań nieniszczących złączy spawanych	434

13.3.1. Badania wizualne (VT)	434
13.3.2. Badania penetracyjne (PT)	435
13.3.3. Badania magnetyczno-proszkowe (MT)	435
13.3.4. Badania radiograficzne (RT)	437
13.3.5. Badania ultradźwiękowe (UT)	440
13.3.6. Badania prądami wirowymi (ET)	441
13.4. Wybór metod badań nieniszczących złączy spawanych i ocena wyników	442
<b>Literatura</b>	<b>448</b>
<b>Wykaz norm związanych z tematyką książki</b>	<b>452</b>
<b>Skorowidz</b>	<b>457</b>

oprac. BPK