

Spis treści

Wstęp	7
Piśmiennictwo	8
1 Zagadnienia ogólne (Jan Bródka)	15
1.1 Materiały i wyroby	15
1.2 Systematyka połączeń i węzłów	28
1.3 Zasady projektowania	35
Piśmiennictwo	36
2 Połączenia spawane (Aleksander Kozłowski i Lucjan Ślęczka)	39
2.1 Wstęp	39
2.2 Charakterystyka procesu spawalniczego	41
2.2.1 Źródła ciepła spawania	41
2.2.2 Osłona jeziorzka spawalniczego	42
2.2.3 Wtopienie i udział metalu rodzimego w spoinie	43
2.2.4 Rozprzestrzenianie się ciepła w elemencie spawanym	44
2.2.5 Zróżnicowanie mechaniczne połączenia spawanego	45
2.2.6 Podstawowe parametry spawania	48
2.2.7 Spawalność stali	49
2.3 Rodzaje połączeń i spoin	55
2.3.1 Połączenia warsztatowe i montażowe	55
2.3.2 Klasyfikacja połączeń spawanych	55
2.4 Elementy złącza i spoiny	56
2.4.1 Rodzaje spoin	56
2.4.2 Oznaczenia spoin na rysunkach	61
2.5 Zagadnienia technologiczne spawania	64
2.5.1 Typowe procesy spawania	64
2.5.1.1 Spawanie łukowe ręczne elektrodą otuloną	65
2.5.1.2 Spawanie łukowe elektrodą topliwą w osłonie gazowej (obojętnej lub aktywnej)	66
2.5.1.3 Spawanie łukiem krytym	67
2.5.1.4 Spawanie łukowe drutem elektrodowym proszkowym	68
2.5.1.5 Spawanie łukowe elektrodą wolframową	68
2.5.1.6 Spawanie elektrodożłowe	69
2.5.1.7 Spawanie gazowe	70
2.5.1.8 Spawanie laserowe	70
2.5.1.9 Spawanie plazmowe	71
2.5.1.10 Łukowe przypawanie kołków	71

2.5.2	Plan spawania	72
2.5.3	Przygotowanie brzegów elementów do spawania	72
2.5.4	Pozycje spawania	73
2.5.5	Materiały dodatkowe do spawania	73
2.5.6	Technika spawania	76
2.5.7	Wstępne podgrzewanie i obróbka cieplna po spawaniu	79
2.5.8	Wadliwość połączeń spawanych	79
2.5.9	Naprężenia i odkształcenia spawalnicze	83
2.6	Zalecenia kształtowania spoin w złączach	87
2.6.1	Kształtowanie wytrzymałościowe połączeń	87
2.6.2	Kształtowanie technologiczne	92
2.6.3	Zagadnienia ekonomiczne	94
2.7	Nośność spoin i połączeń	96
2.7.1	Założenia i zasady obliczania spoin i połączeń	96
2.7.1.1	Nośność obliczeniowa spoin czołowych o pełnym przetopie	97
2.7.1.2	Nośność obliczeniowa spoin pachwinowych	97
2.7.1.3	Nośność obliczeniowa spoin czołowych o niepełnym przetopie	100
2.7.1.4	Nośność obliczeniowa spoin pachwinowych obwodowych	100
2.7.1.5	Nośność obliczeniowa spoin otworowych	101
2.7.2	Połączenia zakładkowe obciążone osiowo	101
2.7.2.1	Połączenia zakładkowe ze spoinami pachwinowymi podłużnymi	101
2.7.2.2	Połączenia zakładkowe ze spoinami pachwinowymi poprzecznymi	102
2.7.2.3	Połączenia zakładkowe ze spoinami pachwinowymi poprzecznymi i podłużnymi	104
2.7.3	Połączenia zakładkowe długie	105
2.7.4	Wymiarowanie złożonych połączeń ze spoinami pachwinowymi	106
2.7.5	Kształtowniki mocowane jednym ramieniem	111
2.7.6	Połączenia doczołowe do nieusztynionych półek	113
2.7.7	Połączenia rur	114
2.7.8	Połączenia ze spoinami czołowymi i pachwinowymi	115
2.7.9	Połączenia hybrydowe (mieszane)	116
2.7.10	Inne metody określania nośności połączeń spawanych	116
2.8	Wpływ spawania na zachowanie się połączeń i elementów spawanych	120
2.8.1	Naprężenia spawalnicze	120
2.8.2	Przestrzenny stan naprężenia	122
2.8.3	Strefa wpływu ciepła	123
2.9	Kontrola i certyfikacja	123
2.9.1	Podział kwalifikacyjny konstrukcji i wytwórni	123
2.9.2	Kontrola jakości prac spawalniczych	124

2.9.3	Metody badań połączeń spawanych	125
2.10	Przykłady obliczeń połączeń spawanych	126
2.10.1	Połączenia ze spoinami czołowymi	126
2.10.2	Połączenia ze spoinami pachwinowymi	131
	Piśmiennictwo	147
3	Połączenia na łączniki mechaniczne (Jan Łaguna)	149
3.1	Wstęp	149
3.2	Podstawowy asortyment łączników	149
3.2.1	Informacje ogólne	149
3.2.2	Śruby, nakrętki i podkładki	151
3.2.3	Nity	157
3.2.4	Sworznie i zawlecзки	158
3.2.5	Śruby iniekcyjne	159
3.2.6	Śruby i sworznie z trzpieniem zrywającym	160
3.2.7	Nakrętki napinające	161
3.3	Właściwości łączników	162
3.3.1	Informacje ogólne	162
3.3.2	Właściwości śrub i nakrętek	163
3.3.3	Właściwości nitów	169
3.3.4	Właściwości sworzni	170
3.3.5	Właściwości sworzni dwustronnych	170
3.3.6	Właściwości śrub iniekcyjnych	171
3.3.7	Właściwości podkładek	171
3.3.8	Kontrola jakości i odbiór łączników	171
3.4	Osadzanie łączników	172
3.4.1	Wykonywanie otworów przejściowych	172
3.4.2	Osadzanie śrub w połączeniach niesprężanych i sworzni	173
3.4.3	Osadzanie śrub w połączeniach sprężanych	173
3.4.3.1	Metoda kontrolowanego momentu dokręcania	175
3.4.3.2	Metoda kombinowana	180
3.4.3.3	Metoda bezpośrednich wskaźników napięcia	180
3.4.3.4	Metoda HRC	180
3.4.4	Osadzanie śrub iniekcyjnych	181
3.4.5	Osadzanie nitów	182
3.4.6	Kontrola osadzania śrub	182
3.5	Rodzaje połączeń i kryteria oceny ich nośności	184
3.5.1	Informacje ogólne	184
3.5.2	Kategorie połączeń śrubowych	184
3.5.3	Rozkład sił wewnętrznych w stanie granicznym nośności	187
3.5.4	Rozkład sił wewnętrznych w stanie granicznym użyteczności	188
3.6	Nośność pojedynczych śrub i nitów w połączeniach	188
3.6.1	Nośność obliczeniowa śruby na ścinanie	188
3.6.2	Nośność obliczeniowa nitu na ścinanie	189

3.6.3	Nośność obliczeniowa śruby na rozerwanie trzpienia	189
3.6.4	Nośność obliczeniowa nitu na rozerwanie trzpienia	190
3.6.5	Nośność obliczeniowa trzpienia śruby na jednoczesne ścinanie i rozciąganie	190
3.6.6	Nośność na przeciągnięcie łba łącznika przez blachę	190
3.6.7	Obliczeniowa wartość siły sprężenia	190
3.7	Połączenia zakładkowe typu dociskowego	191
3.7.1	Rozmieszczanie łączników w połączeniach	191
3.7.2	Stany graniczne połączeń zakładkowych typu dociskowego	193
3.7.2.1	Nośność na docisk do ścianki otworu	194
3.7.2.2	Stateczność miejscowa blachy między łącznikami	196
3.7.3	Rozkład sił w połączeniach	196
3.7.3.1	Połączenia obciążone osiowo	196
3.7.3.2	Połączenia obciążone mimośrodowo w płaszczyźnie styku	200
3.7.3.3	Wpływ mimośrodu siły prostopadłego do płaszczyzny styku	205
3.7.4	Nośność przekroju elementu łączonego	207
3.7.4.1	Nośność przekroju osłabionego otworami	207
3.7.4.2	Rozerwanie blokowe	208
3.7.4.3	Rozciągane kątowniki połączone jednym ramieniem i inne niesymetrycznie łączone elementy	211
3.7.4.4	Kątowniki węzłowe	212
3.8	Połączenia na sworznie	212
3.8.1	Informacje ogólne	212
3.8.2	Kryteria obliczeniowe	213
3.8.3	Stany graniczne nośności części łączonych	215
3.9	Połączenia śrubowe cierne	216
3.9.1	Informacje ogólne	216
3.9.2	Powierzchnie styku w połączeniach ciernych	217
3.9.3	Nośność obliczeniowa na poślizg	218
3.9.4	Jednoczesne ścinanie i rozciąganie	218
3.9.5	Połączenia cierne hybrydowe	219
3.10	Połączenia na śruby z iniekcją	220
3.10.1	Informacje ogólne	220
3.10.2	Nośność obliczeniowa	220
3.11	Połączenia doczołowe rozciągane	221
3.11.1	Informacje ogólne	221
3.11.2	Rozkład sił wewnętrznych w rozciąganym połączeniu doczołowym	222
3.11.3	Połączenia rozciągane proste	225
3.11.4	Połączenia rozciągane złożone	234
3.12	Połączenia kołnierzowe ścianek powłok w stanie liniowo-sprężystym	240
3.12.1	Informacje ogólne	240
3.12.2	Styk teowy w stanie liniowo-sprężystym	241

3.12.3	Styk kątowy niesprężany	242
3.12.4	Styk kątowy sprężany	242
3.13	Przykłady obliczeń	246
	Piśmiennictwo	263
4	Połączenia elementów małej grubości (Jan Bródka i Jan Łaguna)	267
4.1	Informacje ogólne	267
4.2	Połączenia spawane	272
4.2.1	Zagadnienia ogólne	272
4.2.2	Połączenia ze spoinami czołowymi i pachwinowymi	274
4.2.3	Połączenia ze spoinami punktowymi	285
4.2.4	Połączenia ze spoinami otworowymi	287
4.3	Połączenia zgrzewane punktowo	289
4.4	Połączenia na łączniki mechaniczne	292
4.4.1	Zagadnienia ogólne	292
4.4.2	Połączenia na śruby	294
4.4.3	Połączenia na wkręty	301
4.4.4	Połączenia na gwoździe	305
4.4.5	Połączenia na nity jednostronne	312
4.4.6	Połączenia klejone	314
4.4.7	Połączenia specjalne	316
4.5	Badania doświadczalne łączników mechanicznych	316
4.6	Przykłady obliczeń	324
	Piśmiennictwo	340
5	Węzły podatne (Jan Bródka)	345
5.1	Wprowadzenie	345
5.2	Podstawy doświadczalne	349
5.2.1	Informacje ogólne	349
5.2.2	Węzły z jednostronną przykładką na środniku rygla	351
5.2.3	Węzły z dwustronnymi przykładkami na środniku rygla	353
5.2.4	Węzły z jednostronnymi nakładkami z kątowników na stopkach rygla	355
5.2.5	Węzły ze stolikiem i przykładką na środniku rygla	356
5.2.6	Węzły z czołową blachą głowicową	359
5.2.7	Węzły z czołowymi blachami wpuszczonymi	360
5.2.8	Węzły z nakładkami z odcinków teowych na stopkach rygla	361
5.2.9	Węzły z czołowymi blachami wystającymi	362
5.2.10	Węzły rygli ze słupami z zamkniętych kształtowników	364
5.2.11	Węzły o dużej nośności, spawane z dwuteowników amerykańskich	371
5.2.12	Inne zagadnienia wynikające z doświadczeń	372
5.3	Metody prognozowania charakterystyk M-φ	375
5.4	Klasyfikacja węzłów	387
5.5	Zależność momentu-obrotu	394

5.5.1	Funkcje wielomianowe, opracowane przez Frye'a i Morrisa [5.136]	394
5.5.2	Funkcje potęgowe, opracowane przez Anga i Morrisa [5.145]	396
5.5.3	Funkcje dwuodcinkowe opracowane przez Kozłowskiego [5.18]	397
5.5.4	Szczegółowe dane prognozowania krzywych $M-\phi\phi$	398
5.5.5	Przykłady obliczeń	407
5.6	Bezpieczeństwo węzłów	423
5.7	Zdolność do obrotu	429
5.8	Zachowanie się węzłów w konstrukcji	442
	Písmiennictwo	453
6	Połączenia elementów z rur (Jan Bródka i Ireneusz Ligocki)	463
6.1	Wprowadzenie	463
6.2	Kształtowanie węzłów spawanych	464
6.2.1	Węzły standardowe	464
6.2.1.1	Węzły kratownic	464
6.2.1.2	Węzły belek bezprzekątniowych i ram	469
6.2.2	Węzły o technologicznym rozwiązaniu	471
6.3	Kształtowanie połączeń śrubowych	477
6.3.1	Układy płaskie	477
6.3.2	Układy przestrzenne	487
6.4	Przygotowanie rur do spawania	490
6.5	Łączniki mechaniczne	492
6.6	Nośność węzłów spawanych o standardowych kształtach	494
6.6.1	Modele oceny nośności	494
6.6.2	Spawane węzły prętów z rur okrągłych	501
6.6.3	Spawane węzły między prętami o pasach z rur prostokątnych i prętów skratowania z rur okrągłych lub prostokątnych	509
6.6.3.1	Węzły bez wzmocnień	510
6.6.3.2	Węzły ze wzmocnieniami	518
6.6.4	Spawane węzły między pasami z dwuteowników a skratowaniami z rur	521
6.6.5	Spawane węzły między pasami z ceowników a skratowaniami z rur	525
6.7	Nośność spawanych węzłów specjalnych	527
6.8	Nośność połączeń spawanych w węzłach	531
6.9	Nośność węzłów śrubowych	541
6.9.1	Styki rur rozciąganych na blachy czołowe	542
6.9.2	Styki zginane na blachy czołowe, łączone śrubami zakładanymi jednostronnie	545
6.10	Wytwarzanie elementów z rur	548
6.11	Przykłady obliczania węzłów i styków	562
	Písmiennictwo	590
	Skorowidz ważniejszych pojęć	595