

Spis treści

Przedmowa	5
1. Wprowadzenie do procesów spajania	7
1.1. Rys historyczny	7
1.2. Podstawy fizyczne budowy ciał stałych	8
1.3. Istota procesów spajania	15
2. Spawanie	19
2.1. Energia cieplna w procesie spawania	19
2.2. Budowa i właściwości złącza spawanego	20
2.2.1. Formowanie, budowa i właściwości spoin przy spawaniu stali niskowęglowych	22
2.2.2. Budowa i właściwości spoiny przy spawaniu stali skłonnej do hartowania	24
2.2.3. Wpływ spawania wieloma warstwami na budowę spoiny	25
2.2.4. Wpływ obróbki poprzedzającej spawanie na właściwości spoiny	28
2.2.5. Wpływ podgrzewania na stan połączenia spawanego	29
2.3. Pękanie połączeń spawanych	30
2.3.1. Pękanie na gorąco	30
2.3.2. Pękanie na zimno	32
2.3.3. Pękanie laminarne	34
2.3.4. Pękanie kruche	35
2.3.5. Pękanie zmęczeniowe	37
2.4. Naprężenia spawalnicze	38
2.4.1. Mechanizm powstawania naprężeń spawalniczych	38
2.4.2. Wpływ naprężeń strukturalnych na wypadkowy stan naprężeń	45
2.4.3. Wpływ obciążeń zewnętrznych na zmiany rozkładu naprężeń własnych	46
2.4.4. Wpływ naprężeń własnych po spawaniu na właściwości eksploatacyjne elementów maszyn	47
2.4.5. Metody zmniejszania naprężeń własnych	48
2.5. Odkształcenia spawalnicze	49
2.5.1. Powstawanie odkształceń spawalniczych	49
2.5.2. Przeciwdziałanie i usuwanie odkształceń	55
2.6. Spawalność	58
2.6.1. Spawanie stali i staliwa	58
2.6.2. Spawanie żeliw	66
2.6.3. Spawanie aluminium i stopów aluminium	66
2.6.4. Spawanie miedzi i jej stopów	67
2.6.5. Spawanie różnych metali	67
2.7. Metody spawania	68
2.7.1. Źródła energii i ciepła. Podstawowa klasyfikacja metod spawania	68
2.7.2. Spawanie gazowe	70
2.7.3. Spawanie termitowe	73
2.7.4. Spawanie elektryczne łukowe	74
2.7.5. Spawanie łukowe elektrodą otuloną	80

2.7.6.	Spawanie pod topnikiem (łukiem krytym)	87
2.7.7.	Spawanie łukowe w osłonie gazowej	89
2.7.8.	Spawanie plazmowe	94
2.7.9.	Spawanie elektrodużłowe	97
2.7.10.	Spawanie elektronowe	99
2.7.11.	Spawanie laserowe	102
2.8.	Projektowanie połączeń spawanych	104
2.8.1.	Rodzaje złączy spawanych, spoin, pozycji spawania i oznaczanie spoin w dokumentacji technicznej	104
2.8.2.	Podstawowe wskazania do projektowania połączeń spawanych	109
2.9.	Obliczenia wytrzymałościowe połączeń spawanych	117
2.9.1.	Podstawowe zależności do obliczeń wytrzymałościowych połączeń spawanych	117
2.9.2.	Obliczanie naprężeń w połączeniach spawanych	123
2.9.3.	Przykłady obliczeń wytrzymałości połączeń spawanych	130
3.	Zgrzewanie	140
3.1.	Zgrzewanie elektryczne oporowe	141
3.1.1.	Zgrzewanie doczołowe	143
3.1.2.	Zgrzewanie oporowe punktowe	147
3.1.3.	Zgrzewanie garbowe	152
3.1.4.	Zgrzewanie linowe	152
3.2.	Zgrzewanie dyfuzyjne	155
3.3.	Zgrzewanie ultradźwiękowe	157
3.4.	Zgrzewanie wybuchowe	158
3.5.	Zgrzewanie tarciove	159
3.6.	Zgrzewanie zgniotowe	164
3.7.	Projektowanie połączeń zgrzewanych	165
3.7.1.	Oznaczenie połączeń zgrzewanych w dokumentacji technicznej	165
3.7.2.	Wskazania do projektowania połączeń zgrzewanych	167
3.7.3.	Obliczenia wytrzymałościowe połączeń zgrzewanych	171
3.7.4.	Przykłady obliczeń połączeń zgrzewanych	175
4.	Spawanie i zgrzewanie tworzyw sztucznych	180
5.	Lutowanie	187
6.	Klejenie	196
7.	Spajanie niemetalu z niemetalami i z metalami	204
7.1.	Materiały niemetalowe	204
7.2.	Mechanizmy spajania różnych materiałów ze sobą	207
7.3.	Metody i sposoby spajania różnych materiałów	210
8.	Napawanie	216
9.	Procesy cięcia	218
9.1.	Cięcie tlenem	218
9.2.	Cięcie łukowe	220
9.3.	Cięcie plazmowe	220
9.4.	Cięcie strumieniem wody	222
10.	Żłobienie	224
	Bibliografia	225
	Spis wybranych norm	226