

Spis treści

Przedmowa	19
O zespole autorskim	21
 1	
Klasyfikacja i charakterystyka procesów spawania i pokrewnych	23
Literatura.....	35
 2	
Przetwarzanie energii do celów spawalniczych [1]	37
2.0. Wstęp.....	37
2.1. Nagrzewanie skoncentrowanym światłem.....	39
2.2. Nagrzewanie indukcyjne.....	40
2.3. Nagrzewanie ciepłem wydzielonym na rezystancji.....	40
2.4. Nagrzewanie łukiem elektrycznym.....	41
2.5. Nagrzewanie strumieniem plazmy niskotemperaturowej.....	44
2.6. Nagrzewanie wiązką elektronową.....	45
2.7. Nagrzewanie wiązką laserową.....	49
2.8. Nagrzewanie tarciove.....	50
Literatura.....	52
 3	
Ciepłne procesy spawalnicze	53
3.1. Uwagi ogólne.....	53
3.2. Przepływ ciepła i pole temperatur przy spajaniu.....	57

3.2.1.	Równanie różniczkowe przewodzenia ciepła.....	57
3.2.2.	Pole temperatur w przypadku napawania lub spawania ciała masywnego.....	59
3.2.3.	Pole temperatur w przypadku spawania i napawania.....	62
3.2.4.	Pole temperatur w przypadku zgrzewania płyt i prętów.....	65
3.2.5.	Napawanie wałków.....	66
3.3.	Wybrane zagadnienia topienia metalu, tworzenia się jeziora spawalniczego i jego krystalizacji.....	67
3.3.1.	Jezioro spawalnicze i jego wymiary.....	67
3.3.2.	Efektywność cieplna procesu spawania.....	70
3.4.	Nagrzewanie i topienie drutu elektrodowego.....	70
3.5.	Spawalniczy cykl cieplny.....	74
3.5.1.	Wielkość strefy wpływu ciepła.....	76
3.5.2.	Wielkości charakterystyczne cyklu cieplnego prostego.....	77
3.5.3.	Uwagi dotyczące cyklu cieplnego złożonego.....	80
3.6.	Metody określania pola temperatur i wyznaczania cyklu cieplnego w procesie spajania.....	81
3.6.1.	Metody numeryczne wyznaczania pola temperatur i cykli cieplnych.....	82
3.6.2.	Metoda termografii do oceny pola temperatur.....	84
3.6.3.	Pomiar bezpośredni temperatur i wyznaczenie cykli cieplnych.....	85
	Literatura.....	87

4 _____

Metalurgia spawania

88

4.1.	Różnorodność metalurgicznych procesów spawania.....	88
4.2.	Utlenianie i redukcja.....	89
4.3.	Odsiarczanie ciekłego metalu.....	91
4.4.	Odfosforowanie ciekłego metalu.....	92
4.5.	Wprowadzanie składników stopowych do spoiny.....	93
4.6.	Żużle spawalnicze.....	95
4.7.	Rozpuszczanie i wydzielanie gazów w ciekłym metalu.....	98
4.7.1.	Wodór w procesie spawania.....	100
4.7.2.	Azot w procesie spawania.....	102
4.7.3.	Tlen w procesie spawania.....	103
4.8.	Krystalizacja.....	105
4.9.	Pęcherze i pory gazowe w spoinach.....	107
4.10.	Wtrącenia niemetaliczne w spoinach.....	108
4.11.	Pęknięcia gorące w spoinach.....	110
	Literatura.....	112

5**Podstawy metaloznawstwa spawalniczego
i spawalność materiałów****113**

5.1.	Proces spawania.....	113
5.2.	Cykl cieplny spawania.....	114
5.3.	Strefy ogólne złączy spawanych.....	117
5.4.	Strefy szczególne złączy spawanych.....	120
5.4.1.	Strefa starzenia w stalach niskowęglowych.....	120
5.4.2.	Strefa podhartowania w stalach C-Mn.....	122
5.4.3.	Strefa martenzytu odpuszczonego w stalach ulepszanych cieplnie.....	123
5.4.4.	Strefa wydzielania węglików w stalach austenitycznych.....	124
5.4.5.	Złącza spawane niejednorodne.....	126
5.5.	Obróbka cieplna złączy spawanych.....	127
5.6.	Określenie i definicja spawalności.....	130
5.7.	Rodzaje spawalności.....	132
5.8.	Metody oceny spawalności.....	134
5.8.1.	Metody teoretyczne.....	134
5.8.2.	Metody praktyczne.....	138
5.9.	Próby badania skłonności stali do pękania.....	147
	Literatura.....	151

6**Stale stosowane na konstrukcje spawane****152**

6.0.	Podział stali i ich oznaczanie.....	152
6.1.	Stale niestopowe.....	154
6.2.	Stale stopowe.....	159
6.2.1.	Węglowo-manganowe i mikrostopowe stale o podwyższonej wytrzymałości.....	159
6.2.2.	Stale walcowane termomechanicznie.....	164
6.2.3.	Stale ulepszone cieplnie.....	164
6.2.4.	Spawalność i wytyczne spawania drobnoziarnistych stali konstrukcyjnych.....	166
6.2.5.	Stale do pracy w bardzo niskich temperaturach (stale kriotechniczne).....	175
6.2.6.	Stale konstrukcyjne do ulepszania cieplnego.....	180
6.2.7.	Stale na narzędzia.....	183
6.2.8.	Stale stopowe specjalne.....	186
6.3.	Stale do pracy w podwyższonych temperaturach.....	189
6.3.1.	Wprowadzenie.....	189

SPIS TREŚCI

6.3.2.	Stale energetyczne niestopowe.....	190
6.3.3.	Stale energetyczne stopowe.....	194
6.3.4.	Spawalność stali energetycznych niestopowych.....	199
6.3.5.	Spawalność stali energetycznych stopowych.....	204
6.4.	Wysokostopowe stale odporne na korozję.....	217
6.4.1.	Ogólna charakterystyka stali odpornych na korozję.....	217
6.4.2.	Klasyfikacja stali odpornych na korozję według mikrostruktury.....	218
6.4.3.	Chromowe stale martenzytyczne.....	218
6.4.4.	Chromowe stale ferrytyczne.....	221
6.4.5.	Chromowo-niklowe stale z miękkim martenzytem.....	224
6.4.6.	Chromowo-niklowe stale austenityczne.....	226
6.4.7.	Austenityczno-ferrytyczne stale odporne na korozję (stale typu duplex).....	232
	Literatura.....	235

7_____

Metale nieżelazne stosowane na konstrukcje spawane

238

7.1.	Nikiel i jego stopy.....	238
7.1.1.	Właściwości niklu.....	238
7.1.2.	Spawalność niklu.....	241
7.1.3.	Stopy niklu.....	242
7.1.4.	Spawalność stopów niklu.....	248
7.1.5.	Spawanie niklu i jego stopów.....	248
7.1.6.	Problemy występujące podczas spawania stopów niklu i zalecenia odnośnie do technologii ich łączenia.....	250
7.2.	Miedź i jej stopy.....	252
7.2.1.	Właściwości miedzi.....	252
7.2.2.	Spawalność miedzi.....	254
7.2.3.	Spawanie miedzi.....	255
7.2.4.	Stopy miedzi.....	256
7.3.	Aluminium i jego stopy.....	264
7.3.1.	Charakterystyka aluminium.....	264
7.3.2.	Spawalność aluminium i jego stopów.....	265
7.3.3.	Spawanie aluminium i jego stopów.....	269
7.3.4.	Badanie technologii spawania aluminium i jego stopów.....	276
7.3.5.	Zgrzewanie aluminium i jego stopów.....	278
7.3.6.	Lutowanie aluminium i jego stopów.....	280
7.4.	Magnez i jego stopy.....	282
7.4.1.	Charakterystyka magnezu i jego stopów.....	282

7.4.2.	Stopy magnezu i ich spawalność.....	283
7.4.3.	Spawanie stopów magnezu.....	285
7.4.4.	Obróbka cieplna po spawaniu.....	289
7.4.5.	Zgrzewanie stopów magnezu.....	289
7.4.6.	Lutowanie stopów magnezu.....	290
7.5.	Tytan i jego stopy.....	291
7.5.1.	Wprowadzenie.....	291
7.5.2.	Spawanie tytanu i jego stopów.....	298
7.5.3.	Spawalność stopów tytanu.....	300
7.5.4.	Spajanie tytanu i jego stopów.....	301
7.5.5.	Problem zgrzewania tytanu i jego stopów.....	311
7.5.6.	Problem lutowania tytanu i jego stopów.....	312
7.6.	Metale specjalne.....	312
7.6.1.	Cyrkon.....	313
7.6.2.	Hafn.....	314
7.6.3.	Tantal.....	314
7.6.4.	Niob.....	315
7.6.5.	Beryl.....	316
7.6.6.	Uran.....	317
7.6.7.	Molibden i wolfram.....	317
7.6.8.	Srebro.....	318
7.6.9.	Złoto.....	319
7.6.10.	Platyna.....	319
7.6.11.	Ołów.....	320
	Literatura.....	322

8_____

Inne materiały stosowane na konstrukcje spawane 325

8.1.	Materiały ceramiczne.....	325
8.1.1.	Obszar zastosowań materiałów ceramicznych.....	325
8.1.2.	Wybrane właściwości materiałów ceramicznych.....	328
8.1.3.	Podstawy procesów spajania materiałów ceramicznych.....	331
8.1.4.	Techniki spajania.....	337
8.1.5.	Konstrukcja złączy ceramiczno-metalowych.....	341
8.2.	Kompozyty metalowe.....	342
8.2.1.	Charakterystyka kompozytów metalowych.....	342
8.2.2.	Materiały wyjściowe.....	344
8.2.3.	Materiały faz wzmacniających.....	345
8.2.4.	Materiały osnowy.....	347
8.2.5.	Techniki spajania kompozytów metalowych.....	349

8.3.	Materiały do spajania materiałów ceramicznych i kompozytowych.....	351
8.3.1.	Spoiwa.....	351
8.3.2.	Inne materiały pomocnicze używane do spajania ceramiki i kompozytów.....	363
8.4.	Żeliwa.....	364
8.4.1.	Ogólna charakterystyka i podział żeliw.....	364
8.4.2.	Spawalność żeliw.....	369
8.4.3.	Wytyczne spawania żeliw.....	371
8.5.	Materiały dodatkowe do spawania żeliwa.....	377
8.6.	Tworzywa termoplastyczne.....	378
8.6.1.	Ogólne wiadomości o tworzywach termoplastycznych.....	378
8.6.2.	Ważniejsze właściwości tworzyw termoplastycznych.....	380
8.6.3.	Rodzaje tworzyw termoplastycznych.....	385
8.6.4.	Metody spajania tworzyw termoplastycznych.....	390
8.7.	Materiały dodatkowe do zgrzewania i spawania tworzyw termoplastycznych.....	392
8.7.1.	Materiały dodatkowe do zgrzewania.....	392
8.7.2.	Materiały dodatkowe do spawania.....	395
	Literatura.....	396

9 _____

Materiały dodatkowe do spawania

398

9.0.	Wstęp.....	398
9.1.	Rodzaje materiałów dodatkowych.....	398
9.2.	Spoiwa.....	399
9.2.1.	Charakterystyka ogólna spoiw.....	400
9.2.2.	Wymiary spoiw.....	407
9.2.3.	Stan dostawy spoiw.....	410
9.2.4.	Znakowanie spoiw.....	412
9.2.5.	Opakowanie.....	413
9.2.6.	Warunki transportu i magazynowania.....	414
9.2.7.	Przygotowanie spoiw do użycia.....	415
9.3.	Gazy techniczne.....	416
9.3.1.	Gazy osłonowe.....	416
9.3.2.	Gazy palne.....	421
9.3.3.	Gazy podtrzymujące palenie.....	425
9.4.	Topniki.....	426
9.4.1.	Topniki do spawania łukiem krytym.....	426
9.4.2.	Topniki do spawania innymi metodami.....	435

9.5.	Inne materiały dodatkowe.....	437
9.5.1.	Elektrody wolframowe.....	437
9.5.2.	Elektrody węglowe.....	440
9.5.3.	Elektrody topliwe do cięcia i żłobienia.....	441
9.5.4.	Podkładki formujące.....	441
9.5.5.	Pierścienie ceramiczne.....	443
9.5.6.	Mieszanki termitowe.....	443
9.6.	Materiały pomocnicze.....	444
9.6.1.	Materiały do czyszczenia przed spawaniem.....	444
9.6.2.	Środki ochronne przed odpryskami.....	444
9.6.3.	Materiały termoizolacyjne.....	445
9.6.4.	Kredki termoindykatorowe.....	445
9.6.5.	Środki trawiące po spawaniu.....	445
	Literatura.....	446

10_____

Dobór materiałów na konstrukcje spawane 448

10.1.	Zalecenia ogólne.....	448
10.2.	Charakterystyki mechaniczne stali na konstrukcje spawane.....	450
10.3.	Wybór kategorii wytrzymałości stali.....	458
10.4.	Dobór stali ze względu na pękanie kruche.....	461
10.5.	Dobór stali do pracy w podwyższonych temperaturach.....	465
10.6.	Stale trudno rdzewiejące.....	468
10.7.	Dobór stali na konstrukcje obciążone zmęczeniowo.....	470
10.8.	Charakterystyka i dobór stopów aluminium na konstrukcje spawane.....	472
	Literatura.....	477

11_____

Materiały dodatkowe do spawania stali stosowanych na konstrukcje spawane 479

11.0.	Wstęp.....	479
11.1.	Materiały dodatkowe do spawania stali niestopowych i droбноziarnistych.....	480
11.1.1.	Elektrody otulone do ręcznego spawania łukowego.....	481
11.1.2.	Druty elektrodowe do spawania łukowego elektrodą topliwą w osłonie gazów i ich stopiwo.....	484
11.1.3.	Pręty i druty do spawania łukowego w osłonie gazów elektrodą wolframową (TIG) oraz ich stopiwo.....	485

11.1.4. Druty elektrodowe i kombinacje drut-topnik do spawania łukiem krytym.....	487
11.1.5. Druty proszkowe do spawania łukowego w osłonie i bez osłony gazowej.....	488
11.1.6. Pręty do spawania tlenowo-gazowego.....	491
11.1.7. Druty i kombinacje drut-topnik do spawania elektrodożłowego.....	492
11.2. Materiały dodatkowe do spawania stali o wysokiej wytrzymałości.....	492
11.2.1. Elektrody otulone do ręcznego spawania łukowego.....	493
11.2.2. Druty elektrodowe, druty i pręty do spawania łukowego w osłonie gazów oraz ich stopiwo.....	496
11.2.3. Druty elektrodowe i kombinacje drut-topnik do spawania łukiem krytym.....	499
11.2.4. Druty proszkowe do spawania łukowego w osłonie gazowej.....	499
11.3. Materiały dodatkowe do spawania stali żarowytrzymałych.....	501
11.3.1. Elektrody otulone do ręcznego spawania łukowego.....	501
11.3.2. Druty elektrodowe, druty i pręty do spawania łukowego oraz ich stopiwo.....	504
11.3.3. Druty proszkowe do spawania łukowego w osłonie gazowej.....	506
11.3.4. Pręty do spawania tlenowo-gazowego.....	508
11.4. Materiały dodatkowe do spawania stali nierdzewnych i żaroodpornych.....	509
11.4.1. Elektrody otulone do ręcznego spawania łukowego.....	509
11.4.2. Druty elektrodowe, druty i pręty do spawania łukowego.....	513
11.4.3. Druty proszkowe do spawania łukowego w osłonie i bez osłony gazowej.....	517
Literatura.....	520

12_____

Materiały dodatkowe do spawania metali nieżelaznych stosowanych na konstrukcje spawane 522

12.0. Wstęp.....	522
12.1. Materiały do spawania niklu i jego stopów.....	523
12.1.1. Spoiwa niklowe.....	524
12.1.2. Gazy osłonowe.....	533
12.1.3. Topniki.....	534
12.2. Materiały do spawania miedzi i jej stopów.....	536
12.2.1. Spoiwa.....	537
12.2.2. Gazy osłonowe.....	543
12.2.3. Topniki.....	543
12.3. Materiały do spawania aluminium i jego stopów.....	544
12.3.1. Spoiwa aluminiowe.....	544

12.3.2. Gazy osłonowe.....	551
12.3.3. Topniki.....	551
12.4. Materiały do spawania magnezu i jego stopów.....	552
12.4.1. Spoiwa.....	552
12.4.2. Gazy osłonowe.....	553
12.5. Materiały do spawania metali reaktywnych i ich stopów.....	554
12.5.1. Materiały do spawania tytanu i jego stopów.....	554
12.5.2. Materiały do spawania cyrkonu i berylu oraz ich stopów.....	555
12.6. Materiały do spawania metali wysokotopliwych i ich stopów.....	555
12.7. Materiały do spawania metali szlachetnych i ich stopów.....	556
12.8. Materiały do spawania metali niskotopliwych i ich stopów.....	556
12.8.1. Materiały do spawania cynku i jego stopów.....	556
12.8.2. Materiały do spawania ołowiu i jego stopów.....	557
Literatura.....	558

13____

Napężenia i odkształcenia spawalnicze 559

13.1. Ciepłno-mechaniczne właściwości metali i stopów.....	559
13.2. Powstawanie naprężeń własnych.....	563
13.3. Rozkłady naprężeń własnych.....	568
13.4. Odkształcenia spawalnicze.....	572
13.4.1. Odkształcenia poprzeczne.....	573
13.4.2. Odkształcenia podłużne.....	574
13.4.3. Odkształcenia kątowe.....	577
13.5. Zasady minimalizacji naprężeń i odkształceń spawalniczych.....	580
13.6. Odprężanie mechaniczne.....	587
13.7. Stabilność wymiarowa konstrukcji.....	592
13.8. Stabilizacja wibracyjna.....	594
Literatura.....	597

14____

Projektowanie połączeń spawanych 598

14.1. Charakterystyka złączy i spoin.....	598
14.2. Przygotowanie brzegów złączy do spawania.....	605
14.3. Oznaczanie i wymiarowanie spoin na rysunkach.....	608
14.3.1. Postanowienia ogólne.....	608
14.3.2. Znaki spoin.....	609
14.3.3. Umieszczenie znaków spoin na rysunkach.....	609
14.3.4. Oznaczenia uzupełniające.....	612
14.4. Wymiarowanie spoin.....	613

14.5.	Technologiczność konstrukcji spawanych.....	615
14.6.	Projektowanie połączeń spawanych - zalecenia ogólne.....	616
	Literatura.....	635

15_____

Wytrzymałość połączeń spawanych 636

15.1.	Obliczenia statyczne.....	636
15.2.	Obliczanie wytrzymałości zmęczeniowej.....	647
15.3.	Obliczanie odporności na kruche pękanie.....	661
	Literatura.....	669

16_____

Klasyfikacja i certyfikacja w spawalnictwie 670

16.1.	Klasyfikacja wytwórców wyrobów spawanych.....	670
16.1.1.	Klasyfikacja zakładów przemysłowych na podstawie PN-87/M-69009.....	670
16.1.2.	Klasyfikacja zakładów przemysłowych przez niektóre krajowe organizacje nadzorcze (UDT i PRS).....	672
16.1.3.	Klasyfikacja zakładów przemysłowych w normach i przepisach europejskich.....	675
16.2.	Szkolenie i kwalifikowanie personelu spawalniczego.....	677
16.2.1.	System szkolenia i kwalifikowania personelu spawalniczego w Polsce.....	677
16.2.2.	Europejski system szkolenia i kwalifikowania personelu spawalniczego.....	680

17_____

Zapewnienie jakości w spawalnictwie 699

17.1.	Zarządzanie przez jakość.....	699
17.2.	Systemy zapewnienia jakości.....	700
17.2.1.	System zapewnienia jakości według norm serii PN-ISO 9000:1996.....	701
17.2.2.	System zapewnienia jakości według norm serii PN-EN ISO 9000:2001.....	703
17.2.3.	Systemy zarządzania środowiskowego.....	711
17.2.4.	Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy.....	713
17.2.5.	Systemy zapewnienia jakości według normy PN-EN 729.....	713
17.3.	Procedura oceny zgodności wyrobu.....	723
17.3.1.	Moduły stosowane w ocenie zgodności wyrobu.....	723
17.3.2.	Dokumentacja techniczna.....	726

17.3.3. Deklaracja zgodności.....	727
17.3.4. Jednostki notyfikowane.....	729
17.3.5. Znakowanie CE.....	730
17.4. Certyfikacja w spawalnictwie.....	731
17.4.1. Certyfikacja wyrobów spawalniczych.....	731
17.4.2. Certyfikacja personelu.....	732
17.4.3. Certyfikacja systemów jakości.....	734
17.4.4. Instytut Spawalnictwa jako jednostka certyfikująca.....	735
17.5. Przebieg procesu certyfikacji systemu jakości.....	738
17.6. Jednostki akredytujące i autoryzujące.....	747
17.6.1. Polskie Centrum Akredytacji.....	747
17.6.2. Europejska Federacja Spawalnicza.....	748
17.6.3. Międzynarodowy Instytut Spawalnictwa.....	750
Literatura.....	754

18_____

Niezgodności spawalnicze złączy spawanych, zgrzewanych i lutowanych 757

18.0. Wstęp.....	757
18.1. Niezgodności spawalnicze złączy spawanych.....	760
18.1.1. Pustki gazowe.....	760
18.1.2. Wtrącenia stałe.....	768
18.1.3. Przyklejenia.....	775
18.1.4. Brak przetopu.....	777
18.1.5. Pęknięcia.....	780
18.1.6. Niezgodności spawalnicze dotyczące kształtu złączy spawanych.....	794
18.2. Niezgodności spawalnicze złączy zgrzewanych.....	802
18.3. Niezgodności spawalnicze złączy lutowanych.....	810
Literatura.....	813

19_____

Kontrola jakości w spawalnictwie 816

19.1. Zakres kontroli procesów spawalniczych.....	816
19.2. Nieniszczące metody badań połączeń spajanych.....	820
19.2.1. Badania wizualne.....	822
19.2.2. Badania szczelności.....	825
19.2.3. Badania penetracyjne.....	830
19.2.4. Badania magnetyczno-proszkowe.....	835
19.2.5. Badania prądami wirowymi.....	844
19.2.6. Badania radiologiczne.....	845

SPIS TREŚCI

19.2.7. Badania ultradźwiękowe.....	866
19.3. Niszczące metody badań.....	878
19.3.1. Badania mechaniczne.....	878
19.3.2. Badania metalograficzne.....	891
Literatura.....	898

20_____

Dokumentacja procesów spawalniczych 914

20.1. System jakości w spawalnictwie.....	914
20.2. Opracowanie dokumentacji systemu jakości w spawalnictwie.....	915
20.3. Warunki techniczne przygotowania produkcji.....	921
20.3.1. Analiza dokumentacji technicznej.....	921
20.3.2. Technologiczny plan spawania.....	922
20.4. Kwalifikowanie procedur spawalniczych.....	925
20.4.1. Wstępna instrukcja technologiczna spawania pWPS.....	925
20.4.2. Instrukcja technologiczna spawania WPS.....	925
20.5. Uznawanie technologii spawania.....	928
20.5.1. Uznawanie technologii spawania na podstawie badań technologii spawania.....	929
20.5.2. Uznawanie technologii spawania na podstawie stosowanych uznanych materiałów dodatkowych do spawania.....	934
20.5.3. Uznawanie technologii spawania na podstawie uzyskanego doświadczenia.....	936
20.5.4. Uznawanie technologii spawania na podstawie standardowej technologii spawania łukowego.....	936
20.5.5. Uznawanie technologii spawania na podstawie badania przedprodukcyjnego spawania.....	937
20.5.6. Uznawanie technologii spawania lądowych i pozabrzeżnych rurociągów przesyłowych.....	937
20.5.7. Protokół uznania technologii spawania WPAR.....	937
20.6. Technologiczny plan spawania belek dwuteowych mostu drogowego.....	937
Literatura.....	954

21_____

Ekonomika wytwarzania konstrukcji spawanych 956

21.1. Wstęp.....	956
21.2. Wpływ rozwiązań konstrukcyjnych na koszty spawania.....	957
21.3. Przygotowanie konstrukcji do spawania.....	963

21.4. Organizacja produkcji.....	965
21.5. Podstawowe wskaźniki wpływające na ekonomikę spawania.....	965
21.5.1. Techniczna norma czasu spawania T_m	966
21.5.2. Współczynnik czasu jarzenia się łuku W_f	967
21.5.3. Współczynnik stapiania i wydajność stapiania.....	968
21.5.4. Masa spoin.....	971
21.5.5. Wskaźnik uzysku stopiwa U_p	974
21.6. Koszty spawania.....	974
21.6.1. Charakterystyka kosztów spawania.....	974
21.6.2. Koszt materiałów dodatkowych do spawania.....	975
21.6.3. Koszy robocizny bezpośredniej K_R	976
21.6.4. Koszt energii elektrycznej K_{el}	977
21.6.5. Koszt urządzeń K_u	978
21.6.6. Koszt remontów K_R	979
21.6.7. Koszt powierzchni produkcyjnej K_p	979
21.6.8. Wzory na obliczanie kosztów bezpośrednich spawania poszczególnymi metodami.....	979
21.6.9. Struktura kosztów spawania.....	980
21.7. Możliwości obniżki kosztów spawania.....	981
21.8. Efektywność ekonomiczna stosowanych metod spawania.....	982
21.9. Koszty jakości.....	983
Literatura.....	984

22

Technika komputerowa w spawalnictwie

985

UI. Wstęp.....	985
!2.2. Spawalnicze bazy danych.....	986
!2.3. Komputerowe wspomaganie projektowania technologii spawania.....	988
!2.4. Komputerowe wspomaganie projektowania konstrukcji spawanych.....	991
12.5. Modularne pakiety programowe.....	991
2.6. Komputerowe wspomaganie projektowania stanowisk spawalniczych.....	993
2.7. Komputerowe sterowanie procesami technologicznymi.....	993
2.8. Komputerowe wspomaganie zapewnienia jakości.....	994
2.9. Komputerowe wspomaganie obliczeń ekonomicznych.....	996
12.10. Komputerowe wspomaganie ochrony zdrowia i środowiska.....	996
2.11. Komputerowe wspomaganie w szkoleniu i egzaminowaniu.....	997
2.12. Komputerowe wspomaganie badań w spawalnictwie.....	997

22.13.	Komputerowe wspomaganie w informacji naukowo-technicznej.....	999
22.14.	Spawalnictwo w Internecie.....	1000
22.15.	Kryteria oceny i wyboru oprogramowania.....	1001
	Literatura.....	1002

23

Bezpieczeństwo i higiena prac spawalniczych 1004

23.1.	Zagrożenia zdrowia i bezpieczeństwa występujące przy pracach spawalniczych.....	1004
23.1.1.	Zanieczyszczenia pyłowe i gazowe.....	1004
23.1.2.	Promieniowanie łuku spawalniczego.....	1013
23.1.3.	Hałas.....	1016
23.1.4.	Pole elektromagnetyczne.....	1018
23.2.	Wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy podczas prac spawalniczych.....	1021
23.2.1.	Wymagania bezpieczeństwa w organizacji spawalni i stanowiska spawalniczego.....	1021
23.2.2.	Wymagania bezpieczeństwa podczas użytkowania urządzeń spawalniczych i osprzętu oraz podczas wykonywania prac spawalniczych.....	1024
23.3.	Środki ochrony zbiorowej i indywidualnej stosowane na stanowiskach spawalniczych.....	1026
23.3.1.	Środki ochrony zbiorowej. Wentylacja.....	1026
23.3.2.	Środki ochrony indywidualnej. Ochrony oczu i twarzy.....	1027
23.3.3.	Środki ochrony indywidualnej. Odzież ochronna.....	1031
	Literatura.....	1033

24

Spis spawalniczych przepisów krajowych i zagranicznych 1035

Skorowidz 1061