
SPIS TREŚCI

Przedmowa	11
1. Wybrane zagadnienia z fizyki i chemii gazów	13
1.1. Charakterystyka termodynamiczna gazów	13
1.1.1. Stany skupienia materii	13
1.1.2. Charakterystyka gazów	14
1.1.3. Charakterystyka plazmy	15
1.1.4. Stan termodynamiczny gazów. Prawa i równania gazowe	16
1.1.5. Stan krytyczny. Skraplanie gazów	19
1.1.6. Mieszanki gazów. Ciśnienie cząstkowe	20
1.1.7. Wyrażanie składu mieszanin gazowych	21
1.2. Podstawowe wielkości fizyczne gazów	22
1.2.1. Temperatura	22
1.2.2. Ciśnienie	24
1.2.2.1. Ciśnienie gazu i jego rodzaje	24
1.2.2.2. Jednostki ciśnienia	26
1.2.3. Gęstość gazu	28
1.2.4. Ciepło właściwe	28
1.2.5. Ciepło przemiany fazowej	29
1.2.6. Przewodnictwo cieplne	29
1.2.7. Lepkość (tarcie wewnętrzne) gazów	30
1.2.8. Dyfuzja w gazach	31
1.2.9. Jonizacja gazów	32
1.2.10. Dysocjacja	33
1.3. Zjawiska w ośrodkach ciekłych i na granicy faz	34
1.3.1. Napięcie powierzchniowe i energia powierzchniowa	34
1.3.2. Adsorpcja, nasycanie ciekłego metalu gazami	35
1.3.3. Rozpuszczalność gazów w cieczach i metalach	36
1.3.4. Utlenianie i odtlenianie metali, redukcja tlenków	37
1.4. Spalanie i wybuchowość mieszanin gazów	38
1.4.1. Podstawowe definicje dotyczące spalania i wybuchowości	38

1.4.2. Zapłon i samozapłon mieszanin gazów i par cieczy	40
1.4.3. Prędkość spalania mieszanin gazów	41
1.4.4. Granice wybuchowości mieszanin gazów	42
1.4.5. Ciepło spalania i wartość opałowa gazu	43
<hr/>	
2. Charakterystyka gazów atmosferycznych stosowanych w spawalnictwie	45
2.1. Uwagi wstępne	45
2.2. Właściwości fizyczne i chemiczne gazów atmosferycznych decydujące o ich zastosowaniu w spawalnictwie	48
2.3. Argon	60
2.3.1. Identyfikacja argonu	60
2.3.2. Właściwości fizyczne i chemiczne argonu	60
2.3.3. Klasyfikacja i wymagania dotyczące argonu sprężonego i skroplonego	61
2.3.4. Właściwości i zastosowanie argonu w spawalnictwie	62
2.3.5. Zagrożenia argonem i zasady postępowania	64
2.4. Hel	65
2.4.1. Identyfikacja helu	65
2.4.2. Właściwości fizyczne i chemiczne helu	65
2.4.3. Występowanie i otrzymywanie helu	66
2.4.4. Klasyfikacja i wymagania dotyczące helu sprężonego i skroplonego	66
2.4.5. Właściwości i zastosowanie helu w spawalnictwie	67
2.4.6. Zagrożenia helem i zasady postępowania	69
2.5. Azot	70
2.5.1. Identyfikacja azotu	70
2.5.2. Właściwości fizyczne i chemiczne azotu	70
2.5.3. Klasyfikacja i wymagania dotyczące azotu sprężonego i skroplonego	71
2.5.4. Właściwości spawalnicze i zastosowanie azotu	72
2.5.5. Zagrożenia azotem i zasady postępowania	74
2.6. Dwutlenek węgla	74
2.6.1. Identyfikacja dwutlenku węgla	74
2.6.2. Właściwości fizyczne i chemiczne dwutlenku węgla	75
2.6.3. Występowanie i otrzymywanie dwutlenku węgla	76
2.6.4. Klasyfikacja i wymagania dotyczące dwutlenku węgla	77
2.6.5. Właściwości i zastosowanie dwutlenku węgla w spawalnictwie	78
2.6.6. Zagrożenia dwutlenkiem węgla i zasady postępowania	80
2.7. Wodór	81
2.7.1. Identyfikacja wodoru	81
2.7.2. Właściwości fizyczne i chemiczne wodoru	81
2.7.3. Występowanie i otrzymywanie wodoru	82
2.7.4. Klasyfikacja i wymagania jakościowe dla wodoru sprężonego	83
2.7.5. Właściwości i zastosowanie wodoru w spawalnictwie	83
2.7.6. Zagrożenia wodorem i zasady postępowania	87
2.8. Tlen	88
2.8.1. Identyfikacja tlenu	88
2.8.2. Właściwości fizyczne i chemiczne tlenu	88
2.8.3. Występowanie i otrzymywanie tlenu	89

2.8.4. Klasyfikacja i wymagania dotyczące tlenu sprężonego i skroplonego	89
2.8.5. Właściwości i zastosowanie tlenu w spawalnictwie	90
2.8.6. Charakterystyka użytkowa tlenu skroplonego	91
2.8.7. Zagrożenia tlenem i zasady postępowania	92
2.9. Powietrze	93
3. Gazy palne stosowane w spawalnictwie	95
3.1. Ogólna charakterystyka gazów palnych stosowanych w spawalnictwie	95
3.2. Czynniki charakteryzujące przydatność gazów palnych w spawalnictwie	98
3.3. Acetylen	107
3.3.1. Identyfikacja acetyleny	107
3.3.2. Właściwości chemiczne i fizyczne acetyleny	108
3.3.3. Otrzymywanie acetyleny	108
3.3.4. Zanieczyszczenia acetyleny	109
3.3.5. Gatunki acetyleny i wymagania dotyczące jego czystości	110
3.3.6. Przechowywanie acetyleny w butlach	111
3.3.7. Określanie zawartości acetyleny rozpuszczonego	112
3.3.8. Zastosowanie acetyleny w spawalnictwie	113
3.3.9. Informacje o zagrożeniach i postępowaniu z acetylenem	114
3.3.9.1. Wybuchowość acetyleny	114
3.3.9.2. Zagrożenia biologiczne i ekologiczne acetylenem oraz zasady zapobiegania im	116
3.4. Propan	117
3.4.1. Identyfikacja propanu	117
3.4.2. Właściwości chemiczne i fizyczne propanu	118
3.4.3. Zagrożenia propanem i zapobieganie im	118
3.5. Butan	119
3.5.1. Identyfikacja butanu	119
3.5.2. Właściwości chemiczne i fizyczne butanu	120
3.5.3. Właściwości i zastosowanie butanu w spawalnictwie	120
3.5.4. Zagrożenia butanem i zapobieganie im	121
3.6. Metan – gaz ziemny	122
3.6.1. Identyfikacja metanu	122
3.6.2. Właściwości chemiczne i fizyczne metanu (gazu ziemnego)	122
3.6.3. Otrzymywanie i zastosowanie metanu	123
3.6.4. Zagrożenia metanem (gazem ziemnym) i zapobieganie im	123
3.7. Metyloacetylen	124
3.7.1. Identyfikacja metyloacetyleny	124
3.7.2. Właściwości i zastosowanie metyloacetyleny	125
3.8. Etylen (eten)	126
3.8.1. Identyfikacja etyleny	126
3.8.2. Właściwości i zastosowanie etyleny	126
3.9. Propylen (propen)	127
3.10. Mieszankiny płynnych gazów palnych	127
3.10.1. Uwagi wstępne	127

3.10.2. Propan techniczny (mieszanina C)	129
3.10.3. Właściwości i zastosowanie propanu technicznego w spawalnictwie	131
3.10.4. Mieszanina <i>Apache</i> TM	132
3.10.5. Mieszaniny <i>MAPP (MPS)</i> i <i>Tetren</i>	133
3.10.6. Mieszanina <i>Crylen</i>	134
3.11. Gazy węglowe	135
4. Zagrożenia powodowane gazami i zasady bezpiecznego postępowania	136
4.1. Zagrożenia występujące podczas prac spawalniczych	136
4.2. Dopuszczalne stężenia gazów szkodliwych dla zdrowia stosowanych w spawalnictwie	140
4.3. Znakowanie substancji niebezpiecznych, wywoływanych nimi zagrożeń i sposobów postępowania	141
4.4. Karty charakterystyk substancji niebezpiecznych	145
4.5. Gazy toksyczne powstające podczas spawania i cięcia metali	146
4.5.1. Ozon	146
4.5.1.1. Identyfikacja ozonu	146
4.5.1.2. Właściwości fizyczne i chemiczne ozonu	147
4.5.1.3. Powstawanie i rozpad ozonu w procesach spawania	147
4.5.1.4. Emisja ozonu podczas spawania i cięcia (plazmowego)	148
4.5.1.5. Ograniczanie poziomu emisji ozonu	150
4.5.1.6. Zagrożenia ozonem i sposoby zapobiegania	151
4.5.2. Tlenek węgla	152
4.5.2.1. Identyfikacja tlenku węgla	152
4.5.2.2. Właściwości fizyczne i chemiczne tlenku węgla	153
4.5.2.3. Zagrożenia tlenkiem węgla i sposoby zapobiegania	153
4.5.3. Tlenki azotu	155
4.5.3.1. Tlenek azotu (NO)	155
4.5.3.2. Dwutlenek azotu (NO ₂)	156
4.5.3.3. Zagrożenia tlenkami azotu i sposoby zapobiegania	157
4.6. Środki bezpieczeństwa w miejscu pracy narażonym na występowanie niebezpiecznych gazów	157
4.7. Zagrożenia niedoborem i nadmiarem tlenu w powietrzu	158
4.7.1. Niedobór tlenu	159
4.7.2. Nadmiar tlenu	160
4.8. Zagrożenia gazami skroplonymi schłodzonymi	161
4.8.1. Właściwości gazów skroplonych schłodzonych	161
4.8.2. Zagrożenia dla organizmu ludzkiego	163
4.8.3. Środki zapobiegawcze i ochronne	164
4.9. Postępowanie w przypadku awarii i zagrożeń	164
4.9.1. Pierwsza pomoc przy zatruciach inhalacyjnych gazami	164
4.9.2. Pierwsza pomoc przy skażeniu skóry i oczu	165
4.9.3. Postępowanie w przypadku pożaru	166
4.9.4. Postępowanie w przypadku uwolnienia/wycieku gazu	166

4.10. Użytkowanie i obsługa pojemników (butli) z gazem	167
4.10.1. Pojemniki na gazy sprężone, rozpuszczone i skroplone	167
4.10.2. System kodowania barwnego butli gazowych	173
4.10.3. Obsługa i użytkowanie butli z gazem	173
4.10.4. Magazynowanie butli z gazami palnymi i technicznymi	176
4.10.5. Transport drogowy gazów	177

5. Osłony gazowe, ich właściwości i oddziaływanie na procesy spawalnicze	180
5.1. Gazy osłonowe do łukowego spawania i cięcia według normy PN-EN 439	180
5.1.1. Klasyfikacja	180
5.1.2. Oznaczanie gazów osłonowych i gazów do cięcia	181
5.1.3. Wymagania jakościowe i forma dostawy	182
5.2. Efektywność osłony gazowej łuku	183
5.3. Wpływ gazu osłonowego na przepływ metalu w łuku podczas spawania MIG/MAG	185
5.4. Wpływ gazów osłonowych na zmianę składu stopiwa	190
5.4.1. Utlenianie (wypalanie) pierwiastków stopowych. Potencjał utleniający	190
5.4.2. Wypalanie pierwiastków w stalach niestopowych i niskostopowych	193
5.4.3. Wypalanie pierwiastków w stopiwie stali wysokostopowych	196
5.4.4. Nawęglanie stopiwa ze stali wysokostopowych	196
5.4.5. Zmiana składu stopiwa uzyskiwanego z drutów proszkowych	199
5.5. Wpływ gazu osłonowego na właściwości mechaniczne stopiwa	200
5.6. Wpływ gazu osłonowego na porowatość spoin	203
5.7. Wpływ gazu osłonowego na rozprysk stopiwa podczas spawania	207
5.8. Gazy do osłony i formowania grani spoiny	209
5.8.1. Charakterystyka osłon	209
5.8.2. Dobór gazu do osłony grani różnych metali	212
5.9. Przenikanie gazów przez ścianki przewodów	214
5.9.1. Charakterystyka przenikania	214
5.9.2. Przenikanie gazów przez ścianki przewodów i elementów urządzeń spawalniczych	218

6. Dobór gazów osłonowych do procesów spawania i materiałów spawanych	220
6.1. Dobór gazów osłonowych do spawania metali metodą TIG	220
6.1.1. Gazy osłonowe do spawania stali niestopowych i niskostopowych	222
6.1.2. Gazy osłonowe do spawania stali austenitycznych	223
6.1.3. Gazy osłonowe do spawania wysokostopowych stali ferrytycznych i martenzytycznych	223
6.1.4. Gazy osłonowe do spawania stali austenityczno-ferrytycznych typu duplex	224
6.1.5. Gazy osłonowe do spawania aluminium i jego stopów	225
6.1.6. Gazy osłonowe do spawania niklu i jego stopów	226
6.1.7. Gazy osłonowe do spawania miedzi i jej stopów	226
6.1.8. Gazy osłonowe do spawania tytanu i innych metali reaktywnych	227

6.2. Dobór gazów osłonowych do spawania metali metodami MAG i MIG	227
6.2.1. Gazy osłonowe do spawania stali niestopowych i niskostopowych	228
6.2.2. Gazy osłonowe do spawania stali wysokostopowych odpornych na korozję	235
6.2.3. Gazy osłonowe do spawania niklu i jego stopów	238
6.2.4. Gazy osłonowe do spawania aluminium i jego stopów	238
6.2.5. Gazy osłonowe do spawania miedzi i jej stopów	239
6.2.6. Gazy osłonowe do spawania tytanu i innych metali reaktywnych	240
6.3. Dobór gazów osłonowych do spawania drutami z rdzeniem proszkowym	240
6.3.1. Gazy osłonowe do spawania drutami proszkowymi stali niestopowych i niskostopowych	241
6.3.2. Gazy osłonowe do spawania drutami proszkowymi stali wysokostopowych	242
6.4. Dobór gazów do spawania plazmowego	243
6.4.1. Gazy plazmowe do spawania	243
6.4.2. Gazy osłonowe do spawania plazmowego	244
6.5. Dobór gazów do spawania laserowego	246
6.5.1. Charakterystyka gazów laserowych	246
6.5.2. Wpływ zanieczyszczeń gazów laserowych na pracę lasera	247
6.5.3. Gazy osłonowe do spawania laserowego	250
6.6. Dobór gazów do spawania elektrogazowego	251
<hr/> 7. Dobór gazów do procesów pokrewnych spawaniu	253
7.1. Gazy do cięcia tlenowego	253
7.1.1. Podstawy procesu cięcia tlenowego	253
7.1.2. Tlen do cięcia i podgrzewania	254
7.1.3. Dobór gazu palnego do podgrzewania	256
7.2. Gazy do cięcia plazmowego	259
7.3. Gazy do cięcia laserowego	262
7.3.1. Charakterystyka gazów procesowych do cięcia laserowego	263
7.3.2. Gazy procesowe zalecane do cięcia laserowego różnych materiałów	266
7.4. Atmosfery gazowe do lutowania twardego	268
7.4.1. Właściwości gazów stosowanych na atmosfery do lutowania	268
7.4.2. Zadania i charakterystyka atmosfer regulowanych	270
7.5. Gazy do napawania i natryskiwania powłok	273
7.6. Gazy do żłobienia termicznego	277
7.7. Gazy do hartowania płomieniowego	279
7.8. Gazy do podgrzewania płomieniowego palnikami	279

Literatura	281
Wykaz norm związanych z tematyką książki	289
Rozporządzenia, ustawy, dyrektywy związane z tematyką książki	291
Skorowidz	292