

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	7
2. DEFINICJA PROCESÓW TERMICZNYCH (Jan NADZIAKIEWICZ)	9
2.1. KLASYFIKACJA PROCESÓW TERMICZNYCH	11
2.2. SUBSTRATY I PRODUKTY PROCESÓW TERMICZNEJ UTYLIZACJI ODPADÓW	12
3. POCHODZENIE I WŁAŚCIWOŚCI PALIW I ODPADÓW (Jan NADZIAKIEWICZ)	13
3.1. KLASYFIKACJA PALIW	13
3.1.1. <i>Paliwa naturalne</i>	13
3.1.2. <i>Stale paliwa kopalne</i>	14
3.1.3. <i>Biologiczne paliwa odnawialne</i>	15
3.1.4. <i>Paliwa odpadowe</i>	15
3.1.5. <i>Odpady</i>	16
3.1.6. <i>Paliwa z odpadów</i>	17
3.2. WŁAŚCIWOŚCI PALIW	19
3.2.1. <i>Właściwości fizyczne</i>	19
3.2.2. <i>Ciepło spalania i wartość opałowa</i>	20
3.2.3. <i>Wzory empiryczne na wartość opałową i ciepło spalania odpadów</i>	24
3.2.4. <i>Temperatura zapłonu paliwa</i>	26
3.2.5. <i>Właściwości chemiczne</i>	28
Literatura do rozdziałów 1-3	28
4. SPALANIE PALIW I ODPADÓW (Jan NADZIAKIEWICZ)	30
4.1. DEFINICJA PROCESU SPALANIA	30
4.2. PRZEPŁYW SUBSTANCJI W PROCESIE SPALANIA ODPADÓW	30
4.3. STECHIOMETRIA SPALANIA	31
4.3.1. <i>Skład paliw</i>	31
4.3.2. <i>Minimalna i rzeczywista ilość powietrza do spalania</i>	35
4.3.3. <i>Wewnętrzny i zewnętrzny stosunek nadmiaru tlenu</i>	36
4.3.4. <i>Ilość i skład spalin</i>	39
4.3.5. <i>Uprozczone wzory do obliczania ilości powietrza i spalin</i>	43
4.3.6. <i>Orientacyjny skład spalin ze spalania paliw</i>	45
4.4. RÓWNOWAGOWY SKŁAD SPALIN	47
4.4.1. <i>Stała równowagi chemicznej</i>	47
4.4.2. <i>Dysocjacja termiczna</i>	51
4.5. KINETYKA REAKCJI CHEMICZNYCH	52
4.5.1. <i>Szybkość reakcji chemicznych</i>	52
4.5.2. <i>Zależność szybkości reakcji od temperatury i składu mieszaniny</i>	53
4.5.3. <i>Zmiana stężenia składników reakcji w czasie</i>	53

4.6. BILANSOWANIE PROCESU SPALANIA	55
4.6.1. Bilans substancji procesu spalania	55
4.6.2. Bilans energii procesu spalania	55
4.6.3. Entalpie czynników biorących udział w spalaniu	57
4.6.4. Temperatura kalorymetryczna i temperatura spalania	59
4.6.5. Sprawność cieplna komory i sprawność pirometryczna procesu spalania	61
4.6.6. Optymalny stosunek nadmiaru powietrza	62
4.7. EMISJA SUBSTANCJI SZKODLIWYCH Z PROCESÓW TERMICZNYCH	66
4.7.1. Stężenie i emisja składników w gazach	67
4.7.2. Mechanizmy powstawania składników szkodliwych podczas spalania	70
4.7.3. Emisja gazów cieplarnianych przy spalaniu paliw i odpadów	78
4.8. ODDZIAŁYWANIE PROCESU SPALANIA NA ŚRODOWISKO NATURALNE	83
4.8.1. Jednostkowy wskaźnik uciążliwości procesu spalania	85
4.8.2. Całkowity wskaźnik uciążliwości	87
4.9. WARUNKI AUTOTERMICZNEGO SPALANIA PALIW STAŁYCH	88
4.9.1. Kryteria stabilnego spalania	89
4.9.2. Obliczanie temperatury spalania	92
4.10. PROCES SPALANIA STAŁYCH PALIW I ODPADÓW	96
4.10.1. Sposoby spalania stałych paliw i odpadów	96
4.10.2. Procesy zachodzące przy spalaniu ziarna	96
4.11. ZAPŁON PALIWA	104
4.11.1. Zapłon pojedynczego ziarna paliwa	104
4.11.2. Zapłon ziaren paliwa w warstwie	107
4.11.3. Opis matematyczny procesu zapłonu paliwa w warstwie	109
4.11.4. Model matematyczny procesu zapłonu w warstwie	112
4.12. PROCES SPALANIA PALIWA NA RUSZCIE NIERUCHOMYM	116
4.12.1. Opis procesu spalania paliwa w warstwie	117
4.12.2. Opis matematyczny spalania paliwa stałego w warstwie	122
4.12.3. Przykładowe wyniki obliczeń	127
4.13. SPALANIE PALIWA STAŁEGO NA RUSZCIE RUCHOMYM	130
4.13.1. Opis procesu spalania na ruszcie ruchomym	130
4.13.2. Model matematyczny procesu spalania w warstwie ruchomej	133
4.13.3. Model nieustalonego procesu spalania warstwy paliwa	138
4.14. KOMORY DOPALAJĄCE W INSTALACJACH SPALANIA ODPADÓW	146
4.14.1. Czas przebiegu reakcji w komorze dopalania	147
4.14.2. Reakcje rodnikowe w procesie dopalania	148
4.14.3. Przykładowe reakcje dopalania składników szkodliwych w spalinach	150
4.14.4. Dobór komór dopalających w instalacjach spalania odpadów	153
4.15. RÓWNOCZESNE SPALANIE ODPADÓW I PALIW STAŁYCH	155
4.15.1. Wartość opałowa mieszanki węgla z paliwem z odpadów i z odpadami	157
4.15.2. Ilość powietrza podawanego do spalania oraz ilość spalin	158
4.15.3. Składniki gazowe emitowane ze spalinami	159
4.15.4. Ilość i skład pyłu emitowanego ze spalinami	159
4.15.5. Wyniki badań współspalania węgla i odpadów	160

4.16. INSTALACJE SPALANIA ODPADÓW	161
4.16.1. Procesy zachodzące w instalacji	161
4.16.2. Schemat technologiczny spalarni odpadów	162
4.16.3. Spalarnia odpadów komunalnych	163
4.16.4. Spalanie odpadów niebezpiecznych	164
4.16.5. Spalanie osadów ściekowych	165
4.16.6. Technologie spalania odpadów medycznych	166
4.16.7. Technologie spalania odpadów z paleniskiem satelitarnym	167
4.16.8. Technologie współspalania odpadów z węglem	168
Oznaczenia do rozdziałów 1-4	169
Literatura do rozdziału 4.	171
 5. ZGAZOWANIE PALIW I ODPADÓW (Krzysztof WACŁAWIAK)	175
5.1. PODSTAWOWE REAKCJE PROCESU ZGAZOWANIA	176
5.2. SPRAWNOŚĆ ENERGETYCZNA I STOPIEŃ KONWERSJI PROCESU ZGAZOWANIA	181
5.3. GAZ POWIETRZNY I POWIETRZNO-WODNY	181
5.4. GAZ WODNY	186
5.5. WPŁYW WARUNKÓW ZGAZOWANIA NA SKŁAD GAZU PROCESOWEGO	189
5.5.1. Przykładowe obliczenia równowagowe zgazowania biomasy	189
5.5.2. Przykładowe obliczenia równowagowe zgazowania odpadów komunalnych [16]	192
5.6. ODPADY NADAJĄCE SIĘ DO ZGAZOWANIA	197
5.6.1. Skład gazu i pozostałości stałej	198
5.7. TECHNOLOGIE ZGAZOWANIA ODPADÓW	203
5.7.1. Reaktory ze złożem przesuwным	204
5.7.2. Reaktory współprądowe	207
5.7.3. Reaktory przeciuprądowe	208
5.7.4. Reaktory fluidalne	209
5.8. PRODUKTY UBOCZNE PROCESU ZGAZOWANIA	210
5.8.1. Reakcje uboczne procesu zgazowania	210
5.8.2. Zawartość smół w gazie z biomasy	211
5.8.3. Katalityczne zgazowanie biomasy	213
5.9. ZASTOSOWANIE PROCESU ZGAZOWANIA	214
Oznaczenia do rozdziału 5.	214
Literatura do rozdziału 5.	215
 6. PIROLIZA ODPADÓW (Sławomir STELMACH)	217
6.1. DEFINICJA PIROLIZY	217
6.2. MECHANIZM PIROLIZY	220
6.3. BILANS MASY I ENERGII PROCESU PIROLIZY	223
6.4. WYKORZYSTANIE PIROLIZY DO PRZERÓBK I ODPADÓW	229
6.5. BADANIA PROCESU PIROLIZY ODPADÓW	232
6.6. CHARAKTERYSTYKA PRODUKTÓW PIROLIZY ODPADÓW	235

6.7. WYBRANE TECHNOLOGIE PIROLIZY ODPADÓW	240
6.7.1. Piroliza zużytych opon – <i>Anglo Unitek Environmental (Coalite)</i>	240
6.7.2. Piroliza zużytych opon – <i>Beven Recycling & United Kingdom Atomic Energy Authority</i>	241
6.7.3. <i>Proces R21</i>	241
6.7.4. <i>Proces EDDITH®</i>	243
6.7.5. Piroliza zintegrowana	245
6.7.6. <i>Technologia AICHER-SLUDGE-RECYCLING-PROCESS</i>	246
6.7.7. <i>Technologie TiRec® FUEL I TiRec® COGEN</i>	247
6.7.8. <i>Proces TRAIDEC</i>	248
6.7.9. <i>Proces firmy Okadora</i>	249
6.8. ODDZIAŁYWANIE PROCESU PIROLIZY NA ŚRODOWISKO	251
Oznaczenia do rozdziału 6.	253
Literatura do rozdziału 6.	254